

APPLIED MECHANICS

PART III

P. E. CHICHIGUR

Printed by the Author

प्रियागत यंत्रशास्त्र

(एप्लाइड मेकैनिक्स)

भाग ३

पी. ए. चिचिगर

# ગુજરાત વિદ્યાપીઠ ગ્રંથાલય

[ ગુજરાતી કૉપીરાઈટ વિભાગ ]

અનુક્રમાંક ૧૫૭૯-૦ વર્ગિક

પુસ્તકનું નામ ત્રિયાગલ યંત્રશાસ્ત્ર-૩-

વિગ્ન મે : ૬૪૩ : ૨૫ : ૩

# **APPLIED MECHANICS**

**For the use of Students in Technical Schools,  
and for Engineering Apprentices,  
Foremen, and Engineers  
generally.**

## **PART - III.**

**BY**

**PIROJSHAW EDALJI CHICHGUR,**

**A. M. I. Mech. E. (Lond ), A. M. I. E. (Ind.).**

**Superintendent, The F. S. Parekh Technical Institute, Surat.**

**Formerly Head Master, The J. N. Tata Technical  
School, Navsari.**

**Author of " Applied Mechanics Parts I and II " in Gujarati  
and " A Guide to Engineers' Examinations " in English.**

The sole right of publishing this book in Gujarati is reserved by the author, and the sole and exclusive right of translation of this book into vernaculars other than Gujarati is reserved by the Government.

PRINTED BY VAJERAM MANSINGH  
AT THE " SURAT CITY " PRINTING PRESS,  
NEAR CHAUTA BRIDGE, SURAT,

&

PUBLISHED BY :

PIRUSHAW EDALJI CHICHGUR

At the F. S. Farekh Technical Institute, Soni Falia, SURAT.





પીરોજશા એદલજી ચીચગર  
એ. એમ. આઇ. એમ. ઇ. (લન્ડન),  
એ. એમ. આઇ. ઇ. (ઇન્ડીઆ).

# ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર

(એપ્લાઈડ મીકેનીક્સ)

ટેકનીકલ સ્કુલો માટે તેમજ મીલ અને કારખાનામાં  
કામ કરતા એન્જનીયરીંગ એપ્રેન્ટીસ, ફારમેન,  
અને એન્જનીયરો માટે ઉપયોગી પુસ્તક.

ભાગ-૩જો.

કર્તા

પીરોજશા એદલજી ચીચગર,

એ. એમ. આઈ. મીકેનીકલ. ઇ. (લન્ડન),

એ. એમ. આઈ. ઇ. (ઇન્ડીઆ).

સુપ્રીન્ટેન્ડન્ટ, ધી એફ. એસ. પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ, સુરત,  
આગલા હેડ માસ્ટર, ધી જે. એન. તાતા ટેકનીકલ સ્કુલ,  
નવસારી.

“એપ્લાઇડ મીકેનીક્સ ભાગ ૩જો અને ૨જો” (ગુજરાતીમાં)  
અને “એ ગાઈડ ટુ એન્જનીયર્સ એકઝામીનેશન્સ”  
(અંગ્રેજીમાં) ના કર્તા.

ગુજરાત વિદ્યાપીઠ  
અમદાવાદ  
ગ્રંથાલય  
ગુજરાતી ગ્રંથોપરચર સંગ્રહ  
૧૯૫૭

આ પુસ્તક ગુજરાતી ભાષામાં પ્રગટ કરવાનો હક્ક કર્તાઓ  
પોતાને સ્વાધીન રાખ્યો છે, અને આ પુસ્તકનો  
ગુજરાતી ભાષા શિવાય બીજી ભાષામાં  
ભાષાંતર કરવાનો હક્ક સરકારે  
પોતાને સ્વાધીન રાખ્યો છે.

આ કર્તાએ પ્રસિદ્ધ કરેલાં બીજાં પુસ્તકો.



ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર (એપ્લાઇડ મીકેનીક્સ)

ભાગ ૧લો (ગુજરાતી ભાષામાં),

૧૦૬ આકૃતિઓ સાથે, કિંમત રૂ. ૨-૧૨-૦.

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર (એપ્લાઇડ મીકેનીક્સ)

ભાગ ૨જો (ગુજરાતી ભાષામાં),

૯૪ આકૃતિઓ સાથે, કિંમત રૂ. ૩-૮-૦.

માઇડ ટુ એન્જીનીયર્સ એકઝામીનેશન્સ

૧૯૨૪ના બોમ્બે બોયલર ઇન્સની સેકન્ડ;

અને ફર્સ્ટ ક્લાસ એન્જીનીયરની પરિક્ષા

માટેનું ઉપયોગી પુસ્તક (અંગ્રેજી ભાષામાં),

કિંમત રૂ. ૩-૦-૦.

## પ્રસ્તાવના

ટેકનીકલ સ્કુલોમાં અભ્યાસ કરતા વિદ્યાર્થીઓ અને મીલો તથા કારખાનામાં કામ કરતા એપ્રેન્ટીસો માટે એપ્લાઈડ મીકેનિક્સ (ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર)નો વિષય અગત્યનો હોવાથી અને એ વિષયને લગતું કોઈ પણ પુસ્તક ગુજરાતી ભાષામાં ન હોવાથી એવા વિદ્યાર્થીઓ અને એપ્રેન્ટીસોને એ વિષય શીખવામાં ઘણી મુશ્કેલી માલમ પડતી આ પુસ્તકના કર્તાએ અનુભવી છે. આ મુશ્કેલી દુર કરવાના હેતુથી કર્તાએ આ વિષયને લગતું પુસ્તક ગુજરાતી ભાષામાં તૈયાર કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે.

મુંબઈ ધલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશને નક્કી કરેલા આ વિષયના ત્રણ વર્ષના ક્રમ (કોર્સ) મુજબ એપ્લાઈડ મીકેનિક્સનાં આખાં પુસ્તકને ત્રણ ભાગમાં વહેંચી દરેક ભાગ છુટો પ્રગટ કરવાની ધારણા રાખવામાં આવી હતી તે મુજબ પહેલા અને બીજા ભાગનાં પુસ્તકો પ્રગટ કરવામાં આવ્યાં છે, અને ત્રીજા ભાગનાં આ ત્રીજા ભાગનું પુસ્તક પ્રગટ કરવામાં આવ્યું છે. આ ત્રીજા ભાગનાં પુસ્તકથી એપ્લાઈડ મીકેનિક્સના વિષયનું પુસ્તક સંપૂર્ણ થાય છે. આ પુસ્તકમાં મુંબઈ ધલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશને નક્કી કરેલા ત્રીજા વર્ષના ક્રમ (કોર્સ)નો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે.

આ પુસ્તકમાં પણ પહેલા અને બીજા ભાગનાં પુસ્તક પ્રમાણે એપ્લાઈડ મીકેનિક્સને લગતા શાસ્ત્રિય નિયમો વ્યવહારમાં કેવી રીતે લાગુ પડે છે તે દરેક પ્રકરણમાં ગણેલા નમુનાના દાખલાઓની સંખ્યા જેમ અને તેમ વધુ પ્રમાણમાં આપી સ્પષ્ટ સમજાવવાનો પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો છે. વળી દરેક પ્રકરણને છેડે વ્યવહારમાં ઉપયોગી થઈ પડે એવા દાખલાઓ જેમ અને તેમ વધુ સંખ્યામાં આપવામાં આવ્યા છે જેથી વિદ્યાર્થીઓને પોતાની મેળે ધરે અથવા વર્ગમાં ગણવાનું સવળ થઈ પડે.

ગુજરાતી ભાષામાં એન્જનીયરીંગ અને ટેકનીકલ વિષયોને લગતા ખાસ શબ્દોની ખૂટ હોવાના સમયે અને એન્જનીયરીંગ લાઘનમાં એવા અંગ્રેજી ભાષાનાજ શબ્દોનો પ્રચાર હોવાથી આ પુસ્તકમાં કતિને તેવા અંગ્રેજી ભાષાના શબ્દો વાપરવાની ફરજ પડી છે.

પહેલા અને બીજા ભાગનાં પુસ્તકો પ્રગટ કરવાનાં કામમાં કમીટી ઓફ ડાયરેક્ટર ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશન અને તેના સેક્રેટરી સાહેબ તરફથી અને મુંબઈ ઇલાકાનાં કેળવણીખાતાના મે. ડાયરેક્ટર સાહેબ તરફથી જેવી રીતે મને ઉત્તેજન અને મદદ મળી હતી તેવીજ રીતે આ ત્રીજા ભાગનું પુસ્તક પ્રગટ કરવામાં પણ તેમના તરફથી ઉત્તેજન અને મદદ મને આપવામાં આવી છે જે માટે મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્ટર ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશન તથા તેના સેક્રેટરી સાહેબનો અને મુંબઈ ઇલાકાનાં કેળવણીખાતાના ડાયરેક્ટર સાહેબનો આ તક ખાસ આભાર માનું છું.

વળી આ પુસ્તક રચવામાં કર્તાએ મેસર્સ જેમીસન, કાયર અને નેરડન, લો, હંકન, લાઈનલામ, પુલ, વિંગેર લેખકોનાં પુસ્તકોની મદદ લીધી છે, જે માટે તેમનો તથા તેમનાં પુસ્તકોના પ્રગટ કર્તાઓનો આભારી છું.

આ પુસ્તકમાં આવેલી આકૃતિઓના ખસેડ બનાવવા માટેનાં ડ્રોઈંગ મારી સુચના મુજબ તૈયાર કરવામાં તેમજ દરેક પ્રકરણને છેડે આપેલી એક્સસાઈઝના દાખલાઓના જવાબો શોધવામાં મને મદદ આપવા માટે પારેખ ટેકનીકલ ઈન્સ્ટીટ્યુટના ડ્રોઈંગ ટીચર મી. દેવશંકર વી. ભટ્ટનો અને મેથેમેટીક્સ ટીચર મી. મગનલાલ કે. શ્રોફનો આભાર માનું છું.

આ પુસ્તકમાં દાખલાઓની સંખ્યા વિશેષ હોવાથી દાખલાના જવાબોમાં ત્રુટિ ચૂકથી થયેલી કાંઈક ભૂતો વાંચનારને જણાશે, જે તરફ કર્તાનું ધ્યાન ખેંચવામાં આવશે તો ઉપકાર સહિત તેનો સ્વીકાર કરવામાં આવશે.

પારેખ ટેકનીકલ ઈન્સ્ટીટ્યુટ, } પીરોજશા એ. ચીચગર.  
સુરત, તા. ૬મી માર્ચ ૧૯૩૧.

# અનુક્રમણિકા

## પ્રકરણ ૧લું

વેગ, પ્રવેગ (એક્સેલરેશન). જડત્વ. વેગમાન. ન્યુટનના  
ગતિના નિયમો. ૫૪

ગતિનો વેગ- સમવેગ-અસમ વેગ-પ્રવેગ-પ્રવેગનો  
એકમ-ગુરત્વાકર્ષણને લીધે થતી ગતિની વૃદ્ધિ-દ્રવ્ય-વેગમાન-  
ન્યુટનના ગતિના નિયમો-ગતિનો પહેલો નિયમ-ગતિનો બીજો  
નિયમ-ગતિનો ત્રીજો નિયમ-એક્સસાઈઝ ... ૧-૨૮

## પ્રકરણ ૨જું

બદ્ધ શક્તિ (પોટેન્શીઅલ એનર્જી). વેગીય શક્તિ  
(કાઇનેટીક એનર્જી).

એનર્જી-પોટેન્શીઅલ એનર્જી (બદ્ધ શક્તિ)-કાઇને-  
ટીક એનર્જી (વેગીય શક્તિ)-સંચિત કામ અથવા એકઠું  
થયલું કામ-કરતા પદાર્થમાં એકઠું થતું કામ-પરિરેખા  
(રેડીઅસ ઓફ ગ્રાઈ રેશન)-ફ્લાઈ પ્રેસ-એક્સસાઈઝ... ૨૯-૬૧

## પ્રકરણ ૩જું

ઉન્નમધ્યપ્રેરક બળ એટલે સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ.

સેન્ટ્રીપેટલ ફોર્સ (મધ્યપ્રેરક બળ) અને સેન્ટ્રીફ્યુગલ  
ફોર્સ (ઉન્નમધ્યપ્રેરક બળ)-વર્તુલનાં મધ્યબિંદુ તરફનો  
પ્રવેગ (સેન્ટ્રીપેટલ એક્સેલરેશન)-કરતા પદાર્થોમાં સમ-  
તોલપણાની ગેરહાજરીને લીધે સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્નમધ્ય  
પ્રેરક બળ)ની અસર-ઉંચ ઝડપે ચાલતાં યંત્રોને સમતોલ  
કરવા વિષે-ફ્લાઈ બ્લીલમાં સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સને લીધે તૂટી

જવાની અસર—ફ્લાઈ બીલના આરાઓમાંનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ—આગગાડીની સડક ( રેલવે ) ઉપરના વાંક—ત્રિકોણ સંસ્થાઓ ( ત્રિગોનોમેટ્રીકલ ફંક્શન્સ )—એક્સસાઈઝ ... ૬૨-૮૧

## પ્રકરણ ૪થુ

### યંત્રોની કેટલીક રચનાઓ.

કેમ્સ—એન્જ કેમ—નળાકાર કેમ—ફેસ કેમ—હાર્ટ કેમ—આંતરે આંતરેની ગતિ માટેના કેમ—વળતી ઝડપી ચાલ મેળવવા માટેનો કેમ—રેચેટ બીલ અને પોલ—ઉલટાવી શકાય એવા રેચેટ—વળતી ઝડપી ચાલ અથવા ગતિ ( ક્વીક રીટર્ન મોશન )—પ્લેનીંગ મશીનની ટેબલને વળતી ઝડપી ચાલે ચલાવવાની રચનાઓ—શેપીંગ મશીનના રેમને વળતી ઝડપી ચાલે ચલાવવાની રચના—લુક્સ બેઈન્ટ અથવા યુનીવર્સલ ક્લોગ—ડબલ લુક્સ બેઈન્ટ—ઓલ્ડ હેમ્સ ક્લોગ—એક્સસાઈઝ ... .. ૮૨-૧૦૮

## પ્રકરણ ૫મું

પદાર્થોનાં બળ. સ્પેસ ( વૈકારિક જોમ ). સ્પેન ( વિકાર ). ઇલેસ્ટીક લીમીટ ( સ્વાઅહ સીમા ). મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી ( સ્થાપક પ્રમાણ ). રીઝીલીએન્સ.

યંત્રક્રમમાં વપરાતા પદાર્થોના કેટલાક ગુણો—પ્રસાર ( extension )—અભેદતા ( impenetrability )—ભાગ્યતા ( divisibility )—સહિદ્રતા ( porosity )—ગુરુત્વ ( density )—સંગઠન એટલે વળગી રહેવાનો ગુણ ( cohesion )—સંકોચ્યતા એટલે સંકોચાઈ જવાનો ગુણ ( compressibility )—પ્રસરી શકે એવો ગુણ ( dela-



tability) - કઠકાઈ (rigidity) - ચીકટાઈ એટલે ચિવટ-  
 પાણું (tenacity) - ટીપી શકાય એવો ગુણ (mallea-  
 bility) - કર્ષણીયતા એટલે તાર ખેંચાય એવો ગુણ  
 (ductility) - સ્થાપકતા અથવા સ્વાગ્રહ (elasticity)  
 - વિલયિત્વ એટલે પીગળી જવાનો ગુણ (fusibility) - ધાતુઓ  
 અને ખીજા પદાર્થોનાં દ્રવતપમાન એટલે પીગળી જવાનાં  
 ઉષ્ણતામાન (ટેમ્પરેચર) નો કોડો-અચેતન ભાર એટલે  
 ડેડ લોડ-ચેતન ભાર એટલે લાઈવ લોડ-સ્પ્રિંગ એટલે વિકાર  
 -ટેન્સાઈલ સ્પ્રિંગ-કોમ્પ્રેસીવ સ્પ્રિંગ-સ્પ્રિંગ એટલે વૈકારિક  
 નેમ-ટેન્સાઈલ સ્પ્રિંગ એટલે ખેંચ-કોમ્પ્રેસીવ સ્પ્રિંગ એટલે  
 દાબ-ખેંચીંગ અથવા ત્રેન્સવર્સ સ્પ્રિંગ એટલે વલન-શીઅર-  
 રીંગ સ્પ્રિંગ એટલે ભંજન નેમ-તોર્શનલ અથવા ટ્વીસ્ટીંગ  
 સ્પ્રિંગ એટલે મરડ-છેવટનું જોર અથવા તોડી નાંખનારું  
 જોર-સેફ વર્કીંગ લોડ એટલે નિર્ભય ભાર-ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી  
 એટલે અભય ગુણક-જુદી જુદી ધાતુ અને લોડ લાગુ પાડવાની  
 જુદી જુદી રીતો માટેના ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટીનો કોડો-  
 ધાતુઓનાં સરેરાશ અલ્ટીમેટ અથવા ષ્રેકીંગ ટેન્સાઈલ,  
 કોમ્પ્રેસીવ અને શીઅરિંગ સ્ટ્રેસીસ તથા સાધારણ લાઈવ  
 લોડ માટે સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસીસનો કોડો-સ્થાપકતા અથવા  
 સ્વાગ્રહ એટલે ઇલેસ્ટીસિટી-સ્વાગ્રહ સીમા અને હુકનો  
 નિયમ-સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી  
 -મોડ્યુલસ ઓફ ડાયરેક્ટ (સીધી) ઇલેસ્ટીસિટી અથવા  
 યંગ્સ મોડ્યુલસ-યંગ્સ મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટીનો કોડો  
 -સ્વાગ્રહ સીમા સુધીમાં સળીયાને ખેંચવામાં તથા દબાવવામાં  
 થતું કામ અથવા રીઝીલીએન્સ-એક્સસાઈઝ ... ... ૧૦૯-૧૪૮

## પ્રકરણ ૬૬

નળાકાર વાસણની શેલ પ્લેટનાં જોર. રીવેટ કરેલા  
સાંધાઓનાં જોર. નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં જોર.

બંધ નળાકાર વાસણની બહારની પ્લેટ (શેલ)નાં જોર-ખોયલરની પરિધની દિશામાં શેલ ઉપર આવતું ટેન્સાઈલ સ્પ્રેસ-ખોયલરની લંબાઈનાં છેદચિત્ર ઉપર આવતું ટેન્સાઈલ સ્પ્રેસ-રીવેટ કરેલા સાંધાઓ એટલે રીવેટેડ જોઈન્ટસ-સીંગલ અને ડબલ રીવેટેડ લેપ જોઈન્ટસ-સીંગલ અને ડબલ રીવેટેડ બટ જોઈન્ટસ-રીવેટ કરેલા સાંધાઓ તૂટી જવાની રીતો-લેપ જોઈન્ટસમાં રીવેટના વ્યાસ અને પીચ નક્કી કરવાની રીતો-બટ જોઈન્ટસમાં રીવેટના વ્યાસ અને પીચ નક્કી કરવાની રીતો-રીવેટેડ જોઈન્ટસનું કાર્યસાધકત્વ (એપ્રીશી-અન્સી)-સાંકળ ઉપરનાં જોર-સાંકળનું વજન શોધવાનો નિયમ-નક્કર ગોળ શાફ્ટનાં જોર-પોકળ શાફ્ટનાં જોરની નક્કર શાફ્ટનાં જોર સાથે સરખામણી-નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં વજનોનું પ્રમાણ-ટ્વીસ્ટીંગ અથવા તોર્શનલ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક શોધવાની બીજી રીત-શાફ્ટીંગ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર-કારખાનામાં જુદાં જુદાં કામો માટે વપરાતી શાફ્ટીંગ્સ-હેડ શાફ્ટ-લાઈન શાફ્ટ-ટ્રાન્સમી-શન શાફ્ટ-સારી જાતની માઈલ્ડ સ્ટીલ (નરમ પોલાદ)ની શાફ્ટ જેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે તે શોધવા માટેના નિયમો-દર મીનીટે એક આંટાની ઝડપે ફરી માઈલ્ડ સ્ટીલ (નરમ પોલાદ)ની શાફ્ટીંગ જે હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે છે તેનો કોડો-એક્સસાઈઝ...

## પ્રકરણ ૭મું

### ખીમ્સ.

ખીમ ઉપરનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ અને શીઅરિંગ ફોર્સ  
 —ખીમના સાદા દાખલાઓમાંનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ—છેડા ઉપર  
 લાધેલા લોડ સાથનો કેન્ટીલીવર—સમાન રીતે આખી  
 લંબાઈએ વહેંચીને લાધેલા લોડ સાથનો કેન્ટીલીવર—  
 મધ્યમાં લાધેલા લોડ સાથનો બન્ને છેડે ટેકવેલો ખીમ—સમાન  
 રીતે આખી લંબાઈએ વહેંચીને લાધેલા લોડ સાથનો બન્ને છેડે  
 ટેકવેલો ખીમ—મધ્યમાં લાધેલા લોડ સાથનો બન્ને છેડે સજ્જડ  
 કરેલો ખીમ—આખી લંબાઈએ સમાન રીતે વહેંચીને લાધેલા  
 લોડ સાથનો બન્ને છેડે સજ્જડ કરેલો ખીમ—ખીમનું જોર  
 અથવા મજબૂતી—ખીમનાં છેદચિત્રનો ગુણક એટલે મોડયુલસ  
 ઓફ સેક્શન—સ્ટીલ રોડ ખીમ્સ—ખીમોનાં જુદાં જુદાં  
 છેદચિત્રોનાં મોડયુલસ એટલે ગુણક Zનો કોડો—I આકારનાં  
 છેદચિત્રવાળા ખીમ માટેનો રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ અડસતે  
 શોધવાની વ્યવહારમાં વપરાતી રીત—એક સરખાં છેદચિત્ર-  
 વાળા ખીમો—ખીડના ખીમ—ખીમનો એક (ડીફલેક્શન  
 ઓફ ખીમ)—ખીમનાં સંબંધી જોરો અને શીફલેક્શનનો  
 કોડો—એક્સસાઈઝ ... .. ... ૨૦૪-૨૫૮

## પ્રકરણ ૮મું

હાઇડ્રોલીકસ એટલે દ્રવ્ય શાસ્ત્ર. ફ્લુઇડસ એટલે દ્રવ્ય પદાર્થ.  
 વિશ્રામ સ્થિતિએ પ્રવાહીને લગતા સિદ્ધાંત. હેડ એટલે  
 શિરદાળ. પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણનાં તળીયાં અને  
 બાળુઓ ઉપરનાં દબાણ. પ્રેરણ મધ્યબિંદુ.  
 આર્કિમીડીસનો નિયમ. તરતા પદાર્થો.  
 વિશિષ્ટ ગુરુત્વ.

દ્રવ પદાર્થ એટલે ફ્લુઇડસ-પ્રવાહી-વિશ્રામ સ્થિતિએ  
 પ્રવાહીને લગતા સિદ્ધાંતો-પ્રવાહી વટે દબાણનું સંચારણ-  
 પાસ્કલનો નિયમ-બુદ્ધી બુદ્ધી ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઈએ  
 પ્રવાહીના હેડ અથવા શિરદાળ-પ્રવાહીમાં દુબેલાં આડાં  
 ક્ષેત્ર ઉપરનું કુલ દબાણ-પ્રવાહીમાં દુબેલી કોષ પણ સપાટી  
 ઉપરનું કુલ દબાણ-પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણનાં ઢળતાં  
 તળીયાં ઉપરનું દબાણ-પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણની બાળુઓ  
 ઉપરનાં દબાણ-પ્રેરણ (દબાણનું) મધ્યબિંદુ-તક્કર પદાર્થને  
 પ્રવાહીમાં દુબાડવા વિષે-તરતા પદાર્થો ઉપર કાર્ય કરતાં જોરો  
 -આર્કિમીડીસનો નિયમ-તમામ દુબેલા પદાર્થનું પાણીમાં  
 સમતોલપણું જાળવવા માટે જોઈતું જોર-વિશિષ્ટ ગુરુત્વ  
 એટલે સ્પેસીફીક ગ્રેવીટી-એક્સસાઈઝ ... ... ૨૫૯-૨૬૯

## પ્રકરણ ૯મું

હાઇડ્રોલીકસ એટલે દ્રવ્ય શાસ્ત્ર ( ચાલુ ). વાતાવરણનું  
દબાણ. પારાનો બેરોમીટર એટલે વાત માપક. વોટર  
ગેજ અથવા મેનોમીટર. સાઇકેન. પમ્પ્સ.

વાતાવરણનું દબાણ-પારાનો વાતમાપક એટલે બેરોમીટર  
—ઓછાં દબાણ અને વેક્યુમ માપવા માટેના વોટર ગેજ અથવા  
મેનોમીટર—સાઇકેન—સાઇકેનનાં સંતોશકારક કાર્ય માટેની  
સરતો—સાઇકેનને ચાલુ કરવાની રીત—જે નિયમ ઉપર  
સાઇકેન કાર્ય કરે છે તે નિયમ—પમ્પ્સ—પમ્પ વધુમાં વધુ  
જેટલી ઉંડાઈ એ પાણી ખેંચી શકે છે તે વિષે—રેસીપ્રોકેટીંગ  
પમ્પ—સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ—સીંગલ એક્ટીંગ પમ્પ—ડબલ  
એક્ટીંગ પમ્પ—સકશન અથવા લીફ્ટ પમ્પ—સકશન અથવા  
લીફ્ટ પમ્પનું કાર્ય—ફોર્સ પમ્પ—સીંગલ એક્ટીંગ  
ફોર્સ પમ્પ—ડબલ એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ—ફોર્સ પમ્પનું કાર્ય—  
એર વેસલનું કાર્ય—બકેટ પ્લન્જર પમ્પ—સેન્ટ્રીફ્યુગલ  
પમ્પ—રેસીપ્રોકેટીંગ ફોર્સ પમ્પ અને સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ  
વચ્ચે સરખામણી—ટર્બાઇન પમ્પ—સીંગલ સ્ટેજ ટર્બાઇન  
પમ્પ—મલ્ટીપ્લ સ્ટેજ ટર્બાઇન પમ્પ—એક્સસાઇઝ ... ૩૦૦-૩૩૫

## પ્રકરણ ૧૦મું

**હાઇડ્રોલીક મશીન્સ, જેવાં કે, હાઇડ્રોલીક પ્રેસ. ૩ની  
ગાંસડી બાંધવા માટેના મોટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ.  
હાઇડ્રોલીક જેક. હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર.**

હાઇડ્રોલીક પ્રેસ-હાઇડ્રોલીક રેમ અને પીસ્ટન માટેની  
ચામડાંની પેકીંગ-હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં સીલીન્ડરનાં તળીયાંને  
અર્ધ ગોળાકાર બનાવવાનાં કારણ-૩ની ગાંસડી બાંધવા  
માટેના મોટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ-હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં ૩ને દબાવી  
ગાંસડી બાંધવાની રીત-શીનીશર પ્રેસમાં ૩ની ગાંસડીને  
દબાવવાની રીત-હાઇડ્રોલીક પમ્પીંગ એન્જીન-હાઇડ્રોલીક જેક-  
હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર-વોટર પેશ્યોર એન્જીન-એકસસાઈઝ ૩૩૬-૩૮૬

પરિક્ષામાં પુણ્યલા સવાલો ...	...	...	૩૮૭-૩૯૮
જવાબો ...	...	...	૩૯૯-૪૦૭
અનુક્રમણિકા ...	...	...	૪૦૯-૪૧૪

# ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર

## ( એપ્લાઈડ મીકેનીક્સ )

### ભાગ ત્રીજો

#### પ્રકરણ ૧૬

વેગ ( વેલોસીટી ). વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ ( એક્સેલરેશન ). જડત્વ ( ઇનર્શિયા ). વેગમાન ( મોમેન્ટમ ). ન્યુટનના ગતિના નિયમો.

વેગ ( વેલોસીટી **velocity** ).—જે ઝડપે એક પદાર્થ ચાલે છે તે ઝડપ અથવા વેગને તે પદાર્થની “ વેલોસીટી ” એટલે “ વેગ ” કહે છે.

સમવેગ (યુનીફોર્મ વેલોસીટી **uniform velocity**).—જ્યારે ગતિની ઝડપમાં ફેરફાર થતો નથી એટલે જ્યારે પદાર્થ વખતના સરખા ગાળામાં સરખે અંતરે ચાલે છે ત્યારે તે ઝડપ સમાન છે એમ કહેવાય છે અને તે વેળાએ ખીજા ભાગનાં પહેલાં પ્રકરણમાં સમજાવ્યા પ્રમાણે દર સેકન્ડે સમવેગ (યુનીફોર્મ વેલોસીટી)  $= v = \frac{S}{t}$  છે, અને  $S = v \times t$  છે, એમાં  $S$  = પસાર થતું અંતર ફુટમાં અને  $t$  = વખત સેકન્ડમાં છે. દાખલા તરીકે, એક પદાર્થ ૬ સેકન્ડમાં ૭૨ ફુટનું અંતર પસાર કરે છે, તો દર સેકન્ડે ફુટમાં વેગ એટલે વેલોસીટી  $v = \frac{S}{t} = \frac{૭૨}{૬} = ૧૨$  ફુટ છે. તેજ પ્રમાણે જો એક પદાર્થ દર

સેકન્ડે ૯ ફુટના સમ વેગે ચાલે તો ૭ સેકન્ડમાં પસાર થતું અંતર =  
 $S = v \times t = ૯ \times ૭ = ૬૩$  ફુટ છે.

**અસમ વેગ (વેરીએબલ વેલોસીટી variable velocity).—**જ્યારે ગતિની ઝડપમાં ફેરફાર થાય છે એટલે જ્યારે પદાર્થ વખતના સરખા ગાળામાં અસમાન અંતરે ચાલે છે ત્યારે તે ઝડપને અસમ વેગ (વેરીએબલ વેલોસીટી) કહે છે. દાખલા તરીકે, જ્યારે આપણે એક પથ્થર હવામાં ઉંચે ફેંકીએ છીએ ત્યારે તે પથ્થર ધીમે ધીમે ઓછી થતી ઝડપે ઉંચે ચઢે છે અને ધીમે ધીમે વધતી ઝડપે નીચે પડે છે. આ વેળાએ ગતિની ઝડપ સરેરાશ લેવામાં આવે છે.

**વેગવૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ (એક્સેલરેશન acceleration).—**જ્યારે એક પદાર્થ અસમ વેગે એટલે ફેરફાર થતી ઝડપે (વેરીએબલ વેલોસીટીએ) ચાલે છે ત્યારે તેની ઝડપમાં જે દરે અથવા ઝડપે ફેરફાર થાય છે તે ઝડપ અથવા દરને તે પદાર્થની વેગવૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે “એક્સેલરેશન” કહે છે. જે પદાર્થની ગતિની ઝડપ વધતી જતી હોય (કે જેમ કોઈ ઉંચા મિનારા ઉપરથી કોઈ પદાર્થને નીચે નાંખવામાં આવે ત્યારે તે પદાર્થ ધીમે ધીમે વધતી જતી ઝડપે નીચે પડે છે), તો જે ઝડપે અથવા દરે તે પદાર્થની ઝડપ વધતી જતી હોય તે ઝડપની વૃદ્ધિને “પોઝીટીવ એક્સેલરેશન” કહે છે અને તે દર્શાવવા માટે તેની આગળ વત્તા (+)નું ચિન્હ લખવામાં આવે છે. જે પદાર્થની ઝડપ ઘટતી જતી હોય (કે જેમ નીચેથી કોઈ પદાર્થને ઉંચે ફેંકવામાં આવે ત્યારે તે પદાર્થ ધીમે ધીમે ઘટતી જતી ઝડપે ઉંચે ચઢે છે), તો જે ઝડપે અથવા દરે તે પદાર્થનો વેગ ઘટતો જતો હોય તે વેગના ઘટાડાને “નેગેટીવ એક્સેલરેશન” કહે છે અને તે દર્શાવવા માટે તેની આગળ ઓછા (-)નું ચિન્હ લખવામાં આવે છે. આ નેગેટીવ એક્સેલરેશનને કોઈ કોઈ વાર “રીટાર્ડેશન” (retardation) પણ કહેવામાં આવે છે,



વેગવૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે એકસેલરેશનનો એકમ.—

વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે એકસેલરેશન સમ અથવા અસમ હોય છે. સમ પ્રવેગ એટલે યુનીફોર્મ એકસેલરેશનનો એકમ “ એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે એક ફુટ ” છે એટલે સમ પ્રવેગ (યુનીફોર્મ એકસેલરેશન)ને દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ફુટમાં માપવામાં આવે છે.

દાખલા તરીકે, એક પદાર્થ પોતાની સ્થાઇ સ્થિતિ ઉપરથી ચાલવા માંડે અને તેના વેગમાં એક સરખી રીતે વધારો થતો જાય, બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો પ્રવેગ (એકસેલરેશન) સમ હોય, અને ધારો કે,  $a =$  એકસેલરેશન એટલે પ્રવેગ, અને  $v = t$  સેકન્ડને અંતે વેગ એટલે વેલોસિટી હોય, ત્યારે,

$$v = a t \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1).$$

ચાલવાની ક્રિયાની શરૂઆતમાં વેલોસિટી એટલે વેગ  $= 0$  છે, કારણ કે શરૂઆતમાં તે પદાર્થ સ્થાઇ સ્થિતિએ હોય છે, અને અંતે વેલોસિટી એટલે વેગ  $= v$  છે, માટે

$$\text{સરેરાશ વેગ ( વેલોસિટી )} = \frac{0 + v}{2} = \frac{v}{2}.$$

$$\therefore \text{સરેરાશ વેગ ( વેલોસિટી )} = \frac{v}{2} = \frac{a t}{2},$$

$$\text{અને પસાર થયેલું અંતર} = S = \frac{v}{2} \times t$$

$$S = \frac{1}{2} v t \quad \dots \quad (2).$$

$$\text{વળી પસાર થયેલું અંતર} = S = \frac{a t}{2} \times t$$

$$\therefore S = \frac{1}{2} a t^2 \quad \dots \quad (3).$$

$$\text{વળી } v = a t \text{ છે, તેટલા માટે } t = \frac{v}{a} \text{ છે,}$$

$$\text{અને, } S = \frac{1}{2} a t^2 \text{ છે,}$$

$$\therefore S = \frac{1}{2} a \left( \frac{v}{a} \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} a \times \frac{v^2}{a^2} = \frac{1}{2} a \times \frac{v^2}{a \times a}$$

$$S = \frac{v^2}{2a}$$

$$\therefore \underline{v^2 = 2 a s} \quad \dots \dots \dots (૪)$$

જો તે પદાર્થની શરૂઆતની વેલોસીટી એટલે વેગ દર સેકન્ડે  $v_1$  હોય, અને  $t$  સેકન્ડને અંતે છેવટની વેલોસીટી એટલે વેગ દર સેકન્ડે  $v_2$  હોય, તો  $t$  સેકન્ડમાં વેગનો વધારો  $= v_2 - v_1$  છે, સારે

$$\underline{v_2 - v_1 = a t} \quad \dots \dots \dots (૫)$$

$\therefore$  એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે પ્રવેગ એટલે એક્સેલરેશન

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} \text{ પુટ, અને } \underline{v_2 = v_1 + a t} \quad \dots \dots (૬)$$

સરેરાશ વેગ (વેલોસીટી)  $= \frac{v_1 + v_2}{2}$ , અને પસાર થયેલું

અંતર  $= S = \text{સરેરાશ વેલોસીટી} \times t$

$$\therefore \underline{S = \left( \frac{v_1 + v_2}{2} \right) \times t} \quad \dots \dots \dots (૭)$$

પણ  $v_2 = v_1 + a t$  છે, માટે

$$S = \left( \frac{v_1 + v_1 + a t}{2} \right) \times t$$

$$= \left( \frac{2v_1}{2} + \frac{a t}{2} \right) \times t$$

$$\underline{S = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2} \quad \dots \dots \dots (૮)$$

$v_2 - v_1 = a t$  છે, માટે  $t = \frac{v_2 - v_1}{a}$  છે,

અને  $S = \frac{v_1 + v_2}{2} \times t$  છે, માટે  $t = \frac{v_2 - v_1}{a}$  લેતાં

$$S = \frac{v_2 + v_1}{2} \times \frac{v_2 - v_1}{a}$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 a}$$

$$\therefore \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 a} = s \quad \dots \dots \dots (૬).$$

$$\text{અને } \underline{v_2^2 = v_1^2 + 2 a s} \quad \dots \dots \dots (૧૦).$$

જો વેગમાં ઘટાડો થતો હોય એટલે એક્સેલરેશન નેગેટીવ હોય તો ફોર્મ્યુલા (૬), (૮), અને (૧૦) નીચે પ્રમાણે લખાશે:—

$$v_2 = v_1 + a t.$$

$$s = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2.$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 a s.$$

**ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે થતો વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે એક્સેલરેશન (acceleration due to gravity).—**  
જ્યારે એક પદાર્થ કોઈ ઉંચી જગ્યા અથવા મિનારા ઉપરથી ગુરુત્વાકર્ષણનાં કાર્ય હેઠળ છુટી નીચે પડે છે, ત્યારે તે પદાર્થની દરેક સેકન્ડની ઝડપમાં દરેક સેકન્ડને અંતે વધારો થતો જાય છે. પૃથ્વીની સપાટી ઉપર સધળી જગ્યાએ ગુરુત્વાકર્ષણ તદ્દન એક સરખું હોતું નથી અને તેટલા માટે જુદે જુદે કોણે છુટી નીચે પડતા પદાર્થનું આ એક્સેલરેશન એટલે દર સેકન્ડે વેગમાં એક સેકન્ડમાં થતો વધારો તદ્દન એક સરખો હોતો નથી. ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે થતું એક્સેલરેશન અથવા વેગનો વધારો એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ૩૨.૨ ફુટ લેવામાં આવે છે, અને તેને  $g$  અક્ષર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. દાખલાની ગણતરી કરવામાં ગુંચવાડો ન થાય માટે  $g = ૩૨$  લઈશું.

જો દબાણ વિનાની ખાલી જગ્યા એટલે વેક્યુમમાં એક પદાર્થ સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી ગુરુત્વાકર્ષણનાં કાર્ય હેઠળ  $S$  ફુટની ઉંચાઈએથી છુટી નીચે પડે ત્યારે ગુરુત્વાકર્ષણ પદાર્થની ગતિની ઝડપમાં નિયંત્ર વધારો (કોન્સ્ટન્ટ એક્સેલરેશન constant acceleration) ઉત્પન્ન

કરતું હોવાથી વારાફરતી આવતી દરેક સેકન્ડનાં અંતે તે પદાર્થની દર સેકન્ડે ગતિનો વેગ અથવા વેલોસીટી  $g$  ફુટ એટલે ૩૨ ફુટ જેટલી વધશે.

ધારોકે  $t$  સેકન્ડનાં અંતે પદાર્થની વેલોસીટી એટલે ગતિનો વેગ દર સેકન્ડે  $v$  ફુટ હોય તો ફોર્મ્યુલા નીચે પ્રમાણે આવશે:—

$$v = gt \quad \dots \dots \dots (૧૧).$$

$$S = \frac{1}{2} gt^2 \dots \dots \dots (૧૨).$$

$$v^2 = 2gs \dots \dots \dots (૧૩).$$

$$v_2 = v_1 + gt \dots \dots \dots (૧૪).$$

$$S = v_1 t + \frac{1}{2} gt^2 \dots \dots \dots (૧૫).$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2gs \dots \dots \dots (૧૬).$$

**દ્રવ્ય એટલે માસ (Mass).**—પદાર્થમાં સમાયેલો વસ્તુ (મેટર matter)નો જથ્થો દર્શાવવા માટે દ્રવ્ય એટલે માસ (mass) સંજ્ઞા વપરાય છે. દ્રવ્ય (માસ)નો એકમ સ્ટેન્ડર્ડ પૌંડ વજન છે.

**વેગમાન એટલે મોમેન્ટમ (Momentum).**—વેગમાન એટલે ચાલવાનું જોર અથવા ગતિનો જથ્થો છે. એક પદાર્થનો વેગમાન તેનાં દ્રવ્ય (માસ) અને વેગ એટલે વેલોસીટીનો ગુણુકાર છે.

ત્યારે, જો  $m$  = પદાર્થમાં સમાયેલો વસ્તુનો જથ્થો એટલે માસ (mass), હોય,

અને  $v$  = તે પદાર્થની દર સેકન્ડે ઝડપ એટલે વેલોસીટી એટલે વેગ ફુટમાં હોય,

ત્યારે વેગમાન એટલે મોમેન્ટમ =  $m v$ .

**ન્યુટન (Newton)ના ગતિના નિયમો.**—સર ઇસાક ન્યુટન (Sir Isaac Newton)ને ગતિના ત્રીયલા નિયમો પહેલ વહેલાં સ્પષ્ટતાથી વર્ણવ્યા હતા :—

**ગતિનો પહેલો નિયમ (જડત્વ એટલે ઇનર્શિયાનો નિયમ).**—દરેક પદાર્થ પોતાની વિશ્રામની સ્થિતિમાં અથવા તો સીધી

લીટીમાં સમગતિની સ્થિતિમાં ચાલુ રહે છે, શિવાય કે બહારનાં જોડે વડે તે સ્થિતિ બદલવાને તે પદાર્થને ફરજ પાડવામાં આવે.

**ગતિનો બીજો નિયમ (જેર અને ગતિ એટલે ફોર્સ અને એક્શનનો નિયમ).**—વેગમાન એટલે મોમેન્ટમનો ફેરફાર જે જેર વેગમાન ઉત્પન્ન કરે છે તે જોરનાં પ્રમાણમાં હોય છે, અને જે સીધી લીટીની દિશામાં તે જેર કાર્ય કરે છે તે દિશામાં ફેરફાર થાય છે.

**ગતિનો ત્રીજો નિયમ (જેર અને એક્શનનો નિયમ).**—દરેક કાર્યની સામે તેની બરાબરનું અને વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું પ્રતિકાર્ય વિરોધ કરે છે, અથવા જો બે પદાર્થો એક બીજા ઉપર અસ્પર્શ કાર્ય કરે ત્યારે તેટલાજ વખતમાં દરેકમાં ઉત્પન્ન થતા ગતિના જથ્થાઓ અથવા કાર્યો સરખાં અને વિરુદ્ધ હોય છે, અથવા કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય સરખાં અને વિરુદ્ધ હોય છે.

**ગતિનો પહેલો નિયમ.**—આ નિયમ સ્પર્શ વસ્તુ એટલે મેટરનો કુદરતિ ગુણ જોણે કરીને તેની પોતાની વિશ્રામની સ્થિતિને અથવા ગતિની સ્થિતિને બદલવાને તેનામાં શક્તિ હોતી નથી તે ગુણ સિદ્ધ કરે છે, એટલે સ્પર્શ વસ્તુ અથવા પ્રકૃતિનું જડત્વ (ઇનર્શીઆ એફ મેટર inertia of matter) સિદ્ધ કરે છે. આ કારણે દરેક પદાર્થ જો તે વિશ્રામની સ્થિતિમાં હોય અથવા ગતિમાં હોય અને તે ઉપર કોઈપણ જાતનું જોર કાર્ય કરવામાં ન આવે તો તે હંમેશાં પોતાની સ્થાઈ સ્થિતિમાં રહેવાનું ચાલુ રાખશે, અથવા તો સમાન ગતિએ સીધી લીટીમાં આગળ અને આગળ ચાલવાનું ચાલુ રાખશે. વિશ્રામની અથવા સીધી લીટીમાં સમાન ગતિની પોતાની સ્થિતિમાં ફેરફાર કરવાની સામે થવાનાં સ્પર્શ વસ્તુ એટલે મેટરનાં આ વલણ અથવા ગુણને “જડત્વ” એટલે “ઇનર્શીઆ” (Inertia) કહે છે, અને ગતિના આ પહેલા નિયમને “જડત્વનો નિયમ” તરીકે વારંવાર કહેવામાં આવે છે.

**ગતિનો બીજો નિયમ.**—આ નિયમ સિદ્ધ કરે છે કે વેગમાન એટલે મોમેન્ટમનો ફેરફાર જોરનાં કાર્ય વડે ઉત્પન્ન થાય છે, અને

આ જોરને વખતના એકમમાં તે વડે ઉત્પન્ન થતાં વેગમાન (મોમેન્ટમ) વડે માપવાનું આ બીજો નિયમ શીખવે છે. જોરને વેગમાનનાં ફેરફારની રૂપ વડે માપી શકાય છે.

ધારોકે,  $F$  = પદાર્થ ઉપર તેની ગતિની દિશામાં કાર્ય કરતું જોર  
એટલે વેગમાનનો ફેરફાર ઉત્પન્ન કરનારું જોર.

$m$  = પદાર્થનો માસ (mass).

$v_1$  = તે પદાર્થની શરૂઆતની ગતિનો વેગ એટલે  
વેલોસિટી દર સેકન્ડે ફુટમાં.

$v_2$  = તે પદાર્થની છેવટની ગતિનો વેગ એટલે વેલોસિટી  
દર સેકન્ડે ફુટમાં.

$t$  = જોટલા વખત સુધી જોર  $F$  કાર્ય કરે તે  
વખત સેકન્ડમાં.

ત્યારે,  $F t = m (v_2 - v_1)$

$$\therefore F = \frac{m (v_2 - v_1)}{t}$$

$$\text{પણ } a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

$$\therefore F = m a$$

અથવા જોર = માસ  $\times$  એક્સેલરેશન.

ઉપલી ફોર્મ્યુલામાં આપેલાં જોરને જોરના કેવળ એકમમાં દર્શાવ્યું છે.

જોરનો કેવળ એકમ (એબ્સોલ્યુટ યુનીટ ઓફ ફોર્સ absolute unit of force).—જે જોર એક પાઉન્ડનાં દ્રવ્ય એટલે માસ (mass) ઉપર એક સેકન્ડ સુધી કાર્ય કરી દર સેકન્ડે એક ફુટનો ગતિનો વેગ એટલે વેલોસિટી ઉત્પન્ન કરે છે એટલે એકમ એક્સેલરેશન (unit acceleration એકમ ગતિની વૃદ્ધિ) ઉત્પન્ન કરે છે તેને જોરનો બ્રીટીશ કેવળ એકમ “પાઉન્ડલ” (poundal) કહે છે.

જેરના ગુરુત્વાકર્ષણનો એકમ અથવા એન્જનીયરનો એકમ ( ગ્રેવીટેશન યુનીટ ઓફ ફોર્સ અથવા એન્જનીયર્સ યુનીટ **gravitation unit of force or engineer's unit** ).—આ એકમને એક પાઉન્ડ કહે છે, અને તે પૃથ્વીની સપાટી આગળ ગુરુત્વનાં ખેંચાણનાં જેરની સામે એક પાઉન્ડનાં એકમ દ્રવ્ય એટલે માસને ટેકવવા માટે જોઈતું જેર છે.

હવે એક પાઉન્ડનાં દ્રવ્ય એટલે માસ (mass) ઉપર એક સેકન્ડ સૂધીકાર્ય કરતું ગુરુત્વાકર્ષણનું જેર,  $g$  એક્સેલરેશન (ગતિની વૃદ્ધિ) ઉત્પન્ન કરે છે, તેથી ગુરુત્વાકર્ષણ અને જેરના કેવળ એકમ વચ્ચેનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે છે:—

એક પૌન્ડનાં વજનનું જેર =  $g$  પાઉન્ડલ.

$\therefore W$  પૌન્ડનાં વજનનું જેર =  $Wg$  પાઉન્ડલ.

ગુરુત્વાકર્ષણના એકમમાં દ્રવ્ય (માસ)નો એકમ એ  $g$  પૌન્ડ વજનની વસ્તુ (મેટર)નો જથ્થો છે.

$\therefore$  માસ  $m$  જેનું વજન  $mg$  છે તે બરાબર  $W$  પૌન્ડ છે.

$\therefore mg = W$  પૌન્ડ,

અથવા  $m = \frac{W}{g}$ .

વેગમાન ( મોમેન્ટમ ) =  $m \times v$

$$= \frac{W}{g} \times v$$

$$= \frac{W}{g} v.$$

વળી આ નિયમ પ્રમાણે, “આપેલા પદાર્થમાં આપેલું એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરવા માટે જોઈતું જેર તે પદાર્થનાં દ્રવ્ય અને જોઈતાં એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગનાં ગુણાકારનાં પ્રમાણમાં હોય છે,” અને એક પૌન્ડનાં દ્રવ્ય

(માસ) ઉપર કાર્ય કરતું એક પૌંડ વજનનું જોર દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં ૩૨.૨ ફુટનું એક્સેલરેશન એટલે ગતિની વૃદ્ધિ ઉત્પન્ન કરે છે. આ પ્રમાણે  $m$  પૌંડનાં દ્રવ્ય (માસ)ને દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં  $a$  ફુટનું એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ આપવા માટે જોઈતું જોર  $F$  પૌંડ આપણે શોધી શકીએ.

$$\begin{aligned}\text{જોર } F \text{ પૌંડમાં} &= \frac{m a}{32.2} \\ &= \frac{m a}{g}.\end{aligned}$$

જો  $t$  સેકન્ડ સૂધી જોર  $F$  કાર્ય કરે તો આ વખત એટલે  $t$  સેકન્ડને અંતે પદાર્થનો વેગ દર સેકન્ડે  $= v = a t$  ફુટ દર સેકન્ડે.

$$\therefore a = \frac{v}{t}.$$

$$\begin{aligned}\text{પણ, } F &= \frac{m a}{g} \\ &= \frac{m v}{g t}\end{aligned}$$

હવે  $m v = t$  સેકન્ડના વખતને અંતે તે પદાર્થે મેળવેલું વેગમાન છે,

ત્યારે  $\frac{m v}{t} =$  દર સેકન્ડે તે પદાર્થ જે વેગમાન મેળવે છે તે, અને વેગમાન ઉત્પન્ન કરનારું જોર  $=$  દર સેકન્ડે ઉત્પન્ન થતું વેગમાન  $\div g$  છે, એટલે

$$F = \frac{mv}{gt}.$$

આપણે આગળ જોયું કે જોર  $=$  દ્રવ્ય (માસ)  $\times$  એક્સેલરેશન (પ્રવેગ) છે, માટે એકજ સરખાં દ્રવ્ય ઉપર કાર્ય કરતાં જોરો ઉત્પન્ન થયેલાં એક્સેલરેશન (વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ)નાં પ્રમાણમાં છે. ધારોકે આપેલાં દ્રવ્ય  $m$  ઉપર એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા



પ્રવેગ  $a$  અને  $a_1$  ઉત્પન્ન કરવાને માટે જોઈતાં જોરો  $F$  અને  $F_1$  છે. ત્યારે ગતિના ત્રીજા નિયમ પ્રમાણે—

$$F : F_1 :: a : a_1$$

જો આ જોરોમાંનું એક જોર  $F_1$  ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે જોઈતું જોર એટલે પદાર્થનું વજન  $W$  હોય, ત્યારે એકસેલરેશન (વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ)  $g$  હોય છે, અને આપણને મળતું પ્રમાણ—

$$F : W :: a : g,$$

$$\text{અથવા } F = \frac{W a}{g} \text{ પૌંડ.}$$

**ગતિના ત્રીજો નિયમ.**—આ નિયમ સિદ્ધ કરે છે કે દરેક કાર્યની સામે તેની બરાબરનું અને વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું પ્રતિકાર્ય વિરોધ કરે છે. આ પ્રમાણે એક વજન એક ટેબલ ઉપર મુકેલું છે, અને તે એક નિશ્ચિત જોર વડે તે ટેબલ ઉપર દબાણ કરે છે; ત્યારે તે ટેબલ તે વજન ઉપર સરખાં અને વિરુદ્ધ જોર વડે પ્રતિકાર્ય કરે છે, તેથી દરેક કાર્ય સાથે સરખું અને વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું પ્રતિકાર્ય હોય છે.

બે પદાર્થો વચ્ચે પરસ્પર ક્રિયા વડે ઉત્પન્ન થતાં બે સરખાં અને સામાં જોરોને સ્ટ્રેસ (stress) તરીકે ભેગાં બોલવામાં આવે છે, અને આ કારણે ગતિના ત્રીજા નિયમને “સ્ટ્રેસનો નિયમ” કહે છે.

**દાખલો ૧.**—નીચે આપેલી વેલોસીટી એટલે વેગોને દર સેકન્ડે ફુટમાં શોધો:—(૧) દર કલાકે ૪૫ માઈલ; (૨) દર મીનીટે ૨૪૦ ફુટ; (૩) દર કલાકે ૩૦ નૉટ (knot દરીયાઈ માઈલ).

$$(૧) \text{ દર સેકન્ડે વેલોસીટી એટલે વેગ } = \frac{૪૫ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \underline{\underline{૬૬ \text{ ફુટ.}}}$$

$$(૨) \text{ દર સેકન્ડે વેલોસીટી એટલે વેગ } = \frac{૨૪૦}{૬૦} = \underline{\underline{૪ \text{ ફુટ}}}$$

$$(૩) ૧ \text{ નૉટ અથવા દરીયાઈ માઈલ } = ૬૦૮૦ \text{ ફુટ}$$

$$\text{દર સેકન્ડે વેલોસીટી એટલે વેગ } = \frac{૩૦ \times ૬૦૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \underline{\underline{૫૦.૬ \text{ ફુટ.}}}$$

**દાખલો ૨.**—એક પદાર્થ છુટથી ૮ સેકન્ડમાં નીચે પડે છે તો તેની વેલોસિટી એટલે વેગ શોધો ?

$$v = gt$$

$$= ૩૨ \times ૮ = ૨૫૬ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

**દાખલો ૩.**—છુટથી નીચે પડતો એક પદાર્થ દર સેકન્ડે ૩૮૪ ફુટનો વેગ એટલે વેલોસિટી કેટલા વખતમાં મેળવશે ?

$$t = \frac{v}{g}$$

$$= \frac{૩૮૪}{૩૨} = ૧૨ \text{ સેકન્ડ}$$

**દાખલો ૪.**—એક વજન એક ઉંચા મિનારા ઉપરથી ૪ સેકન્ડમાં છુટથી નીચે પડે છે, તો તે મિનારાની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

$$s = \frac{gt^2}{2}$$

$$= \frac{૩૨ \times ૪ \times ૪}{2} = ૨૫૬ \text{ ફુટ.}$$

**દાખલો ૫.**—એક પથ્થરને જમીન ઉપરથી ખાણમાં છુટથી નીચે નાખતાં તે ૬ સેકન્ડમાં ખાણને તળીયે જઈ પડે છે, તો તે ખાણની ઉંડાઈ કેટલી હશે ?

$$\text{ઉંડાઈ} = \text{પથ્થરે પસાર કરેલું અંતર} = s$$

$$\therefore \text{ઉંડાઈ} = s = \frac{gt^2}{2}$$

$$= \frac{૩૨ \times ૬ \times ૬}{2} = ૫૭૬ \text{ ફુટ.}$$

**દાખલો ૬.**—એક પદાર્થ ૧૯૬ ફુટ ઉંચા મિનારાની ટોચ ઉપરથી કેટલા વખતમાં નીચે પડશે ?

$$s = \frac{1}{2} gt^2$$

$$\therefore 2s = gt^2$$

$$\therefore t^2 = \frac{2s}{g}$$

$$= \frac{2 \times 161}{32} = \frac{86}{8}$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{86}{8}} = 3.4 \text{ સેકન્ડ.}$$

**દાખલો ૭.**—એક પદાર્થ ૧૦ સેકન્ડમાં સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી છુટી નીચે પડે છે, તો તેની નીચે પડતી વેગાની છેલ્લી ૨ સેકન્ડમાં તે પદાર્થ કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

$$\text{પસાર થયેલું અંતર} = s = \frac{1}{2}gt^2$$

$$= \frac{32 \times 10 \times 10}{2} = 1600 \text{ ફુટ.}$$

$$૮ \text{ સેકન્ડમાં પસાર થયેલું અંતર} = \frac{32 \times ૮ \times ૮}{2} = 1024 \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{છેલ્લી ૨ સેકન્ડમાં પસાર થયેલું અંતર} = 1600 - 1024$$

$$= 576 \text{ ફુટ}$$

**દાખલો ૮.**—દર સેકન્ડે ૪૮૦ ફુટની ઝડપ મેળવવાને માટે એક પદાર્થને કેટલી ઉચાઈએથી નીચે પડવું જોઈએ ?

ઉચાઈ = પસાર કરેલું અંતર S

$$v^2 = 2gs$$

$$\therefore S = \frac{v^2}{2g}$$

$$= \frac{480 \times 480}{2 \times 32} = 3600 \text{ ફુટ}$$

**દાખલો ૯.**—એક પુરૂષ એક પથ્થરને કુવામાં નાંખે છે, અને ૩ સેકન્ડ પછી તે પથ્થર પાણીને અડડતો સંભળાય છે. જો અવાજનો વેગ દર સેકન્ડે ૧૨૮૦ ફુટ હોય તો તે કુવાની પાણીની સપાટી સુધીની ઉંચાઈ કેટલી હશે તે શોધો ?

ધારો કે, t = કુવામાં પડવા દરમિયાન પથ્થરે લીધેલો વખત સેકન્ડમાં.

$$\begin{aligned}\text{ત્યારે, કુવાની ઉંડાઈ} &= S = \frac{1}{2}gt^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 32 \times t^2 \\ &= 16t^2 \text{ ફુટ}\end{aligned}$$

પણ,  $3 - t =$  જે વખત દરમ્યાન અવાજ એક સમાન રીતે કુવામાંથી ઉંચે ચઢે છે તે વખત સેકન્ડમાં.

$$\begin{aligned}\therefore \text{કુવાની ઉંડાઈ} &= S = v \times t \\ &= 1200 \times (3 - t) \text{ ફુટ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ત્યારે } 16t^2 &= 1200 (3 - t) \\ t^2 &= 10 (3 - t)\end{aligned}$$

$$t^2 = 240 - 10t$$

$$\therefore t^2 + 10t = 240$$

વર્ગ (Square) સંપૂર્ણ કરવા માટે ૮૦નું અર્ધ કરી તેનો વર્ગ

$$(40)^2 = 1600 \text{ ઉમેરતાં—}$$

$$t^2 + 10t + 1600 = 1600 + 240$$

અને બાબુનો વર્ગ મૂળ કાઢતાં—

$$t + 40 = \sqrt{1640}$$

$$t + 40 = 40.49$$

$$\therefore t = 40.49 - 40 = 0.49 \text{ સેકન્ડ.}$$

પણ કુવાની ઉંડાઈ =  $1200 (3 - t)$  છે,

$$\begin{aligned}\therefore \text{કુવાની ઉંડાઈ} &= 1200 (3 - 0.49) \\ &= 1200 \times 2.51 = 3012 \text{ ફુટ.}\end{aligned}$$

**દાખલો ૧૦.**—એક પદાર્થને દર સેકન્ડે ૯૬ ફુટના વેગે ઉંચે ફેંકવામાં આવે છે, તો કેટલી સેકન્ડ પછી તે પદાર્થ દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટના વેગે નીચે આવશે ?

$$\begin{aligned}\text{પદાર્થને ઉપર ચઢતાં લાગતો વખત } t &= \frac{v}{g} \text{ સેકન્ડ} \\ &= \frac{96}{32} = 3 \text{ સેકન્ડ.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{પદાર્થને નીચે આવતાં લાગતો વખત } t &= \frac{v}{g} \text{ સેકન્ડ} \\ &= \frac{40}{32} = 1\frac{1}{4} \text{ સેકન્ડ.}\end{aligned}$$

$$\text{ઉપર ચઢતાં અને નીચે આવતાં લાગતો વખત} = 3 + 1\frac{1}{4} = 4\frac{1}{4} \text{ સેકન્ડ.}$$

**દાખલો ૧૧.**—એક ટ્રેન સ્થાઈ સ્થિતિએ સ્ટેશન ઉપરથી ઉપડી ૫ મીનીટમાં દર કલાકે ૩૦ માઈલની ઝડપ મેળવે છે, તો ટ્રેનનો પ્રવેગ અથવા ઝડપની વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન કુટ અને સેકન્ડના એકમમાં શોધો ?

$$\text{દર સેકન્ડે વેગ અથવા વેલોસીટી } v = \frac{30 \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$$

$$= ૪૪ \text{ કુટ}$$

$$\text{વેગ વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન} = a = \frac{v}{t}$$

$$= \frac{૪૪}{૫ \times ૬૦}$$

$$= .૧૪૬ \text{ કુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં}$$

**દાખલો ૧૨.**—એક માણસ અને તેની બાઈસીકલનું વજન ૧૭૦ પૌંડ છે. આ બાઈસીકલ ફ્રી વ્હીલ સાથની છે અને તેની ઉપર સ્પીડ ઇન્ડિકેટર ( ઝડપ દર્શાવનારું યંત્ર ) બેસાડેલું છે. સીધી સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૧૦ માઈલની ઝડપે જતાં તે માણસ પેડલ મારવાનું એકદમ બંધ કરે છે અને સાર બાદ તેને માલમ પડે છે કે ૧૫ સેકન્ડમાં તેની ઝડપ દર કલાકે ૮ માઈલની થઈ છે, તો ગતિની સામે થતું જોર કેટલું હશે ?

$$v_1 = \text{પેડલ બંધ કરતી વેળાની શરૂઆતની ઝડપ દર સેકન્ડે.}$$

$$v_2 = ૧૫ \text{ સેકન્ડની અંતે ઝડપ અથવા વેગ દર સેકન્ડે.}$$

$$v_1 = \frac{૧૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૪૪}{૩} \text{ કુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$v_2 = \frac{૮ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૧૭૬}{૧૫} \text{ કુટ દર સેકન્ડે.}$$

અહીંઆ ઝડપ ઘટતી જાય છે એટલે એક્સેલરેશન ( પ્રવેગ ) નેગેટીવ છે.

$$v_1 - v_2 = at$$

$$\therefore \text{એક્સેલરેશન } a = \frac{v_1 - v_2}{t}$$

$$= \left( \frac{88}{3} - \frac{195}{14} \right) \div 14$$

$$= \frac{88}{14} \times \frac{1}{14} = \frac{88}{224} \text{ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં}$$

ધારો કે,  $F$  = ગતિની સામે થતું બળ

$$F : W :: a : g$$

$$\therefore F = \frac{W \times a}{g}$$

$$= \frac{1700 \times 88}{32 \times 224} = \underline{1.03 \text{ પૌંડ}}$$

**દાખલો ૧૩.**—એક મોટર બસ (motor bus) જેનું વજન ૨૩ ટન છે તે ૪૦ ઉતારોએ લઈ સીધી સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૬ માઇલની ઝડપે મુસાફરી કરે છે. દરેક ઉતારાનું સરેરાશ વજન ૧૪૫ પૌંડ છે, તો તેનું વેગમાન (મોમેન્ટમ) એન્જનીયરના એકમમાં શોધો. જો ગાડીને ચલાવનારું બળ ઉપાડી લેવામાં આવે એટલે એન્જનને બંધ કરવામાં આવે, તો તે ગાડીને બે સેકન્ડમાં ઉભી રાખવા માટે કેટલા પૌંડનું સરેરાશ બળ ખર્ચ કરવું પડશે? અને ધારો કે બળ નિયંત્રિત હોય તો તે ગાડી ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે?

$$\begin{aligned} \text{ગાડી અને ઉતારોનું કુલ વજન પૌંડમાં} &= (2.4 \times 2240) + \\ & (40 \times 145) = 11400 \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\text{દર સેકન્ડે ગાડીની ગતિની ઝડપ ફુટમાં} = v = \frac{6 \times 5280}{60 \times 60}$$

$$= 6.6 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{એન્જનીયરના એકમમાં વેગમાન} = m \times v$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{W}{g} \times v \\
 &= \frac{11800 \times 2.2}{32} \\
 &= 3134 \text{ પૌન્ડ-ફુટ-સેકન્ડ.}
 \end{aligned}$$

જો,  $F$  = ગાડીને ૨ સેકન્ડમાં ઉભી રાખવા માટે જોઈતું સરેરાશ જોર હોય, અને

$a$  = તેને મળતો આવતો ઝડપમાં થતો ધટાડો એટલે એક્સેલરેશન (અહીંઆ રીટાર્ડેશન) હોય,

ત્યારે,  $a = \frac{v}{t} = \frac{2.2}{2} = 1.1$ , અને

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{Wa}{g} \\
 &= \frac{11800 \times 1.1}{32} = 399.4 \text{ પૌન્ડ}
 \end{aligned}$$

ધારો કે,  $S$  = ગાડી ઉભી રહેવાની પૂર્વે તેણે પસાર કરેલું અંતર, ત્યારે  $S = \frac{1}{2} at^2$

$$= \frac{1}{2} \times 1.1 \times 2 \times 2 = 2.2 \text{ ફુટ}$$

**દાખલો ૧૪.**—એક ટ્રેન જેનું દ્રવ્ય (માસ) ૨૪૦ ટન છે તે સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી ઉપડી ૪ મીનીટમાં દર કલાકે ૪૦ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો ધર્ષણના અવરોધ દૂર કરવા માટે વપરાતાં જોર ઉપરાંત ટ્રેનનું જડત્વ દૂર કરવા માટે કેટલું વધારાનું જોર લાગુ પાડવું જોઈશે ?

$$v = \frac{40 \times 4200}{60 \times 60} = 46.7 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{વખત } t \text{ સેકન્ડમાં} = 4 \times 60 = 240 \text{ સેકન્ડ}$$

$$\text{જોર } F = \frac{ma}{g} = \frac{mv}{gt}$$

$$= \frac{240 \times 46.7}{32 \times 240} = 1.44 \text{ ટન}$$

**દાખલો ૧૫.**— એક એન્જીનમાં દર મીનીટ ૩૦૦ આંટાની અડપે એમ માલમ પડયું કે એન્જીનનો પીસ્તન જ્યારે અંદરનું ડેડ સેન્ટર પસાર કરે છે ત્યારે તેને એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ૪૦૦ ફુટનો પ્રવેગ અથવા વેગવૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન હોય છે. જો પીસ્તન, પીસ્તન રોડ અને ક્રોસ હેડનું દ્રવ્ય (માસ) ૧૫૦ પૌંડ હોય તો આ ભાગોનું જડત્વ દૂર કરવા માટે કેટલું જોર જોઈશે ?

$$F = \frac{ma}{g} = \frac{૧૫૦ \times ૪૦૦}{૩૨.૨} = \underline{૧૮૬૩.૩} \text{ પૌંડ}$$

**દાખલો ૧૬.**— એક સ્ટીમ હેમર (વરાળ વડે ચાલતો હથોડો) જેનું વજન ૫ ટન છે તે દાગીના ઉપર ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી પડે છે, તો તેના સ્ટ્રોકને અંતે તેનું વેગમાન એટલે મોમેન્ટમ શોધો ?

$$v^2 = 2gs \therefore v = \sqrt{2 \times ૩૨ \times ૧૦}$$

$$= \sqrt{૬૪૦} = ૨૫.૩ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{એન્જીનીયરના એકમમાં વેગમાન} = mv = \frac{Wv}{g}$$

$$= \frac{૫ \times ૨૨૪૦ \times ૨૫.૩}{૩૨} = \underline{૮૮૫૫} \text{ પૌંડ}$$

**દાખલો ૧૭.**— ૩ ટનના વજનની એક તોપ જેની લંબાઈ ૬ ફુટ છે તેમાંથી ૨૫ પૌંડનાં વજનનો એક દારૂગોળો સળગાવી દર સેકન્ડે ૧૨૦૦ ફુટની શરૂઆતની અડપે છોડવામાં આવે છે, તો તોપ ઉપર આવતા ધક્કા અથવા આંચકાની ગતિ શોધો અને ધડાકાનું સરેરાશ જોર શોધો ?

(૧) ધારો કે,  $W$  = તોપનું વજન.

$w$  = દારૂગોળાનું વજન.

$V$  = તોપના ધક્કા અથવા આંચકાની ગતિ દર સેક.

$v$  = ગોળાની ગતિ દર સેકન્ડે.

તોપનું વેગમાન = ગોળાનું વેગમાન.



$$W V = w v$$

$$3 \times 2280 \times V = 24 \times 1200$$

$$\therefore V = \frac{24 \times 1200}{3 \times 2280} = \frac{124}{22} = 8.864 \text{ ફુટ દર સેક.}$$

(૨) દારૂગોળાના ધડાકા દરમ્યાન ખર્ચ કરવામાં આવતું સરેરાશ જોર શોધવા માટે આપણને પહેલાં તોપની નળીની લંબાઈ એ ગોળાનું એક્સેલરેશન એટલે એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ગતિની ઝડપમાં થતો વધારો શોધવો જોઈએ. તોપ ૬ ફુટ લાંબી છે, અને તોપ ફેડતી વેળા ગોળાનો વેગ એટલે વેલોસિટી દર સેકન્ડે ૧૨૦૦ ફુટ છે, તો

$$v^2 = 2 a s.$$

$$1200^2 = 2 \times a \times 6$$

$$\therefore a = \frac{1200 \times 1200}{2 \times 6}$$

$$= 120000 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં}$$

$$\text{પણ } F = \frac{W a}{g}$$

$$= \frac{24 \times 120000}{32} = 90000 \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૧૮.—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન એન્જીનનાં વજન વિના ૩૦૦ ટન છે અને તે સીધી સપાટ સડક ઉપર દોડે છે. ૧૦ મીનીટમાં તેની ઝડપ દર કલાકે ૮ માઈલ ઉપરથી વધીને દર કલાકે ૩૦ માઈલ થાય છે. તો એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ શોધો. ટ્રેક્શન દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ છે.

એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું ખેંચાણ બે ભાગનું બનેલું છે—

(૧) ટ્રેનની ઝડપ વધારવા માટે જોઈતું જોર, અને (૨) ઘર્ષણના અવરોધ દૂર કરવા માટે જોઈતું જોર.

$$\text{ટ્રેનની ઝડપ વધારવા માટે જોઈતું જોર} = F_v = \frac{W a}{g},$$

$$\text{પણ } a = \frac{v_2 - v_1}{t} \text{ છે. માટે, } F_v = \frac{W (v_2 - v_1)}{g t}$$

$$v_1 = \text{દર કલાકે } ૮ \text{ માઈલ} = \frac{૮ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૧૭૬}{૧૫} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$v_2 = \text{દર કલાકે } ૩૦ \text{ માઈલ} = \frac{૩૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = ૪૪ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$t = ૧૦ \text{ મીનીટ} = ૧૦ \times ૬૦ = ૬૦૦ \text{ સેકન્ડ.}$$

$$\therefore F_1 = \frac{૩૦૦ \times ૨૨૪૦ \times (૪૪ - \frac{૧૭૬}{૧૫})}{૩૨ \times ૬૦૦} = \frac{૩૩૮૮}{૩}$$

$$= ૧૧૨૯.૩ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{ધર્ષણના અવરોધ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર} = F_2 = ૩૦૦ \times ૮ \\ = ૨૪૦૦ \text{ પૌંડ.}$$

$\therefore$  એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ =

$$F_1 + F_2 = ૧૧૨૯.૩ + ૨૪૦૦ \text{ પૌંડ.} = \underline{૩૫૨૯.૩ \text{ પૌંડ.}}$$

**દાખલો ૧૯.**—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન ૨૦૦ ટન છે અને ૮૦ એ ૧ની ઢાળવાળી સડકને મથાળે પહોંચતાં ૨૫ માઈલની ઝડપ મેળવે છે અને ત્યારબાદ વરાળને એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરી તે પોતાની મેળે તેટલાજ ઢાળવાળાં ઉતરાણ ઉપરથી નીચે આવે છે. જો ઉતરાણ (ઢાળ)ની લંબાઈ ૩ માઈલ હોય, તો ઢાળની તળેટીએ તેની ઝડપ કેટલી હશે? ટ્રેક્શન દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ છે.

$$\text{દર ટન દીઠ ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ પૌંડમાં} = \frac{૨૨૪૦}{૧} \\ = ૨૮ \text{ પૌંડ.}$$

ઢાળ ઉપરથી નીચે ગયેલાં દર ટન દીઠ કુલ અવરોધ = ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ - ધર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ.

$\therefore$  ઢાળ ઉપરથી નીચે આવતાં દર ટન દીઠ કુલ

$$\text{અવરોધ} = ૨૮ - ૧૨ = ૧૬ \text{ પૌંડ દર ટન દીઠ.}$$

$\therefore$  ૨૦૦ ટનનાં વજનની ટ્રેન ઢાળ ઉપરથી નીચે આવતાં

$$\text{કુલ અવરોધ} = ૨૦૦ \times ૧૬ = ૩૨૦૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$F = \frac{W\alpha}{g}$$

$$3200 = \frac{200 \times 2280 \times \alpha}{32.2}$$

$$\therefore \alpha = \frac{3200 \times 32.2}{200 \times 2280} = .23 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

એક સેકન્ડમાં.

$$\text{શરૂઆતનો વેગ} = v_1 = \frac{24 \times 420}{60 \times 60} = \frac{110}{3} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2as.$$

$$\begin{aligned} \therefore v_2^2 &= v_1^2 + 2as \\ &= \left(\frac{110}{3}\right)^2 + (2 \times .23 \times .04 \times 420) \\ &= 1388.8 + 122.16 \\ &= 3110.96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore v &= \sqrt{3110.96} \\ &= 55.76 \text{ ફુટ દર મીનીટે.} \\ &= 38.03 \text{ માઈલ દર કલાકે.} \end{aligned}$$

**દાખલો ૨૦.**—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન એન્જીન વિના ૧૫૦ ટન છે. સ્ટેશન ઉપર તે ટ્રેન ઉભી રહ્યા પછી તેને પાછી ચલાવતાં ૫ મીનીટમાં તે દર કલાકે ૩૦ માઈલની ઝડપ મેળવે છે, તો એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ કેટલું હશે? ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે.

એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું ખેંચાણ બે ભાગનું બનેલું છે—પહેલું, ટ્રેનનું જડત્વ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર, અને બીજું, ધર્ષણનાં અવરોધ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર.

પહેલું, ટ્રેનનું જડત્વ દુર કરી ઝડપ વધારવા માટે જોઈતું જોર :—  
ધારોકે,  $F_1 =$  ટ્રેનનું જડત્વ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર.

$$F_1 = \frac{W \times a}{g}$$

$$\text{પણ } a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

શરૂઆતમાં ઝડપ એટલે વેલોસિટી =  $v_1 = 0$ , અને ૫ મીનીટનાં

અંતે દર સેકન્ડે ઝડપ એટલે વેલોસિટી =  $v_2 = \frac{30 \times 420}{60 \times 60}$

= ૪૪ ફુટ દર સેકન્ડે.

$$t = 5 \times 60 = 300 \text{ સેકન્ડ.}$$

$$\begin{aligned} \therefore F_1 &= \frac{W \times (v_2 - v_1)}{gt} \\ &= \frac{140 \times 2240 \times (44 - 0)}{32 \times 300} \\ &= \frac{140 \times 2240 \times 44}{32 \times 300} \\ &= 1480 \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

ખીજી, ધર્મણુનો અવરોધ = દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ.

$\therefore$  કુલ ધર્મણુનો અવરોધ =  $F_2 = 10 \times 140 = 1400$  પૌંડ.

$\therefore$  એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ =

$$\begin{aligned} &= F_1 + F_2 \\ &= 1480 + 1400 = 2880 \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

દાખલો ૨૧. — એક બંદુક દર સેકન્ડે ૨૦૦૦ ફુટની ઝડપે એક મીનીટમાં ૪૦૦ ગોળીઓ ફેંકે છે. દરેક ગોળીનું વજન ૦.૫ ઑંસ છે, તો ગેસનું વેગમાન ધ્યાનમાં ન લેતાં તે બંદુક ઉપર કેટલું સરેરાશ જોર આવશે ?

$$t = 1 \text{ મીનીટ} = 60 \text{ સેકન્ડ}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{2000}{60} = \frac{100}{3} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં.}$$

$$\text{વજન } W = \frac{800 \times .4}{16} = 12.4 \text{ પૌંડ}$$

$$F = \frac{Wa}{g} = \frac{12.4 \times 100}{32 \times 3} = 12.4 \text{ પૌંડ}$$

દાખલો ૨૨.—એક હથોડી જેનાં માથાનું વજન  $2\frac{1}{2}$  પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૫૦ ફુટની ઝડપે ૦.૦૦૧ સેકન્ડમાં દાગીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે, તો ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે ?

$$\text{જોર } F = \frac{Wa}{g}$$

પણ  $a = \frac{v}{t}$  ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં.

$$\therefore \text{જોર } F = \frac{W}{g} \times \frac{v}{t} = \frac{2.4}{32} \times \frac{50}{.001} = 3750 \text{ પૌંડ}$$

## એકસર્સાઈઝ ૧લી

૧. નીચે આપેલા વેગો એટલે વેલોસિટીઝને દર સેકન્ડે ફુટમાં દર્શાવો:—

(અ) દર કલાકે ૩૦ માઇલ.

(બ) દર કલાકે ૧૫ નૉટ (દરીયાર્ધ માઇલ).

(ક) દર મીનીટે ૩૮૦ ફુટ.

૨. એક પદાર્થ ૧૨ સેકન્ડમાં છુટથી નીચે પડે છે તો તેનો વેગ (વેલોસિટી) શોધો ?

૩. છુટથી નીચે પડતો એક પદાર્થ દર સેકન્ડે ૪૨૦ ફુટની ઝડપ (વેલોસિટી) કેટલા વખતમાં મેળવશે ?

૪. એક વજન એક ઉંચા મીનારા ઉપરથી ૬ સેકન્ડમાં છુટથી નીચે પડે છે, તો તે મીનારાની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

૫. એક પથ્થરને જમીન ઉપરથી ખાણમાં છુટથી નાંખતાં તે ૯ સેકન્ડમાં ખાણની તળેટીએ જઈ પડે છે, તો તે ખાણની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

૬. એક પદાર્થ ૧૬૦ ફુટ ઉંચા મીનારાની ટોચ ઉપરથી કેટલા વખતમાં નીચે પડશે ?

૭. એક પદાર્થ ૧૫ સેકન્ડમાં સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી છુટથી નીચે પડે છે, તો તેની નીચે પડતી વેળાની છેલ્લી ૩ સેકન્ડમાં તે પદાર્થ કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

૮. દર સેકન્ડે ૩૨૦ ફુટનો વેગ મેળવવાને માટે એક પદાર્થને કેટલી ઉંચાઈએથી નીચે પડવું જોઈએ ?

૯. એક પથ્થરને કુવામાં નાંખવામાં આવે છે, અને ૨.૫ સેકન્ડ પછી તે પથ્થર પાણીને અથડતો સંભળાય છે. જો અવાજની ગતિની ઝડપ (વેલોસિટી) દર સેકન્ડે ૧૧૨૦ ફુટ હોય, તો તે કુવાની પાણીની સપાટી સુધીની ઉંડાઈ કેટલી હશે તે શોધો ?

૧૦. એક પદાર્થને દર સેકન્ડે ૧૨૦ ફુટની ઝડપે ઉંચે ફેંકવામાં આવે છે, તો કેટલી સેકન્ડ પછી તે પદાર્થ દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે નીચે આવશે ?

૧૧. એક ટ્રેન સ્થાઈ સ્થિતિએથી સ્ટેશન ઉપરથી ઉપડી ૩ મીનીટમાં દર કલાકે ૨૫ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો તે ટ્રેનનો પ્રવેગ અથવા વેગ વૃદ્ધિ એટલે એકસેલરેશન ફુટ-સેકન્ડના એકમમાં શોધો ?

૧૨. એક ઈલેક્ટ્રીક ટ્રામકાર (વિજળીક ટ્રામગાડી) જેનું વજન ૩ ટન છે તે ૫૦ ઉતાડિઓને લઈ સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૮ માઇલની ઝડપે દોડે છે. દરેક ઉતાડિનું સરેરાશ વજન ૧૧ ટોન છે, તો તેનું વેગમાન (મોમેન્ટમ) એન્જનીયરના એકમમાં (પૌંડમાં) શોધો ? જો ટ્રામગાડીને ચલાવનારી વિજળીક મોટર બંધ કરવામાં આવે એટલે તેને ચલાવનારું જોર ઉપાડી લેવામાં આવે, તો તેને ૩ સેકન્ડમાં ઉભી રાખવા માટે કેટલા પૌંડનું સરેરાશ જોર ખર્ચ કરવું પડશે ? અને ધારો કે જોર નિયંત્રિત એટલે ફેરફાર નહીં થાય એવું હોય તો તે ટ્રામગાડી ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

૧૩. એક માણસ અને તેની બાઈસીકલનું વજન ૨૦૦ પૌંડ છે. આ બાઈસીકલ ફ્રી વ્હીલ સાથની છે અને તેની ઉપર સ્પીડ ઈન્ડીકેટર (ઝડપ દર્શાવનારું યંત્ર) બેસાડેલું છે. સીધી સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૬ માઇલની ઝડપે જતાં તે માણસ પેડલ મારવાનું એકદમ બંધ કરે છે અને ત્યારબાદ તેને માલમ પડે છે કે ૧૨ સેકન્ડમાં તેની ઝડપ દર કલાકે ૪ માઇલની થઈ છે, તો ગતિની સામે થતું જોર કેટલું હશે તે શોધો ?

૧૪. એક ટ્રેનનું વજન ૨૦૦ ટન છે અને તે સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી ઉપડી ૫ મીનીટમાં દર કલાકે ૪૫ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો ધર્ષણના અવરોધ દૂર કરવા માટે વપરાતાં જોર ઉપરાંત ટ્રેનનું જડત્વ (ઇનર્શિયા) દૂર કરવા માટે કેટલું વધારાનું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૧૫. એક વહાણુ અંદરેથી ઉપજા પછી ૫ મીનીટમાં ૧૫ નોટની ઝડપ મેળવે છે, તો તે વહાણુનો પ્રવેગ અથવા વેગ વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન શોધો ?

૧૬. એક એન્જીન જ્યારે દર મીનીટ ૩૫૦ આંટાની ઝડપે ચાલે છે ત્યારે એમ માલમ પડ્યું કે પીસ્ટન જ્યારે અંદરનું ડેડ સેન્ટર (dead centre) પસાર કરે છે ત્યારે તેની ગતિમાં થતી વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ ૫૦૦ ફુટ છે; પીસ્ટન, પીસ્ટન રોડ, અને ક્રાંતિ હેડનું વજન ૧૮૦ પૌંડ છે, તો આ ભાગોનું જડત્વ દૂર કરવા માટેનું જોર નક્કી કરો ?

૧૭. એક બંદુક દર સેકન્ડે ૧૬૦૦ ફુટની ઝડપે ગોળીઓ છોડે છે; દરેક ગોળીનું વજન એક ઓંસ છે. જો ગેસનું વેગમાન ધ્યાનમાં ન લેતાં તે બંદુક ઉપર ૧૨-૫ પૌંડનું સરેરાશ જોર આવે તો ૨ મીનીટમાં તે બંદુક કેટલી ગોળીઓ છોડતી હશે ?

૧૮. એક તોપ જોનો અંદરનો વ્યાસ ૭ ઇંચ છે તેમાંથી ૧૨૫ પૌંડનાં વજનનો દારૂગોળો છોડતાં તે ગોળો ૧૨ ફુટનાં અંતરમાં દર

સેકન્ડે ૩૦૦૦ ફુટની ઝડપ (વેલોસિટી) મેળવે છે, તો તે ગાળા તોપમાંથી બહાર પડે તેટલા વખત સુધી તે ગાળાનાં તળીયાં (base) ઉપર આવતું ગેસનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ શોધો ?

૧૯. એક રેલવે ટ્રેનનું વળન એન્જન વગર ૧૮૦ ટન છે. સ્ટેશન ઉપરથી તે ટ્રેનને સપાટ સડક ઉપર ચાલુ કરતાં ૪ મીનીટમાં તે દર કલાકે ૨૫ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો એન્જન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ કેટલું હશે ? ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ છે.

૨૦. એક હથોડી જેનાં માથાનું વળન ૨ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે ૦૦૦૨ સેકન્ડમાં દબીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે, તો ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે ?

૨૧. એક સ્ટીમ હોમર (વરાળથી ચાલતા હથોડા)નું વળન ૨ ટન છે. હથોડાનાં માથાંને માત્ર ઉપાડવાનજ માટે વરાળને નીચલી બાબુ-એથી દાખલ કરવામાં આવે છે અને તેને ૬ ફુટ ઉંચે ઉપાડી ત્યાંથી જુટથી નીચે પડવા દેવામાં આવે છે. ફટકાની મુદત એટલે દબાવવાની ક્રિયા દરમિયાન હથોડો લોખંડને જોટલા વખત દરમિયાન દબાવે છે તે વખત દીઠ સેકન્ડ છે એમ ધારી લઈ ફટકા દરમિયાન આ હથોડો કેટલું સરેરાશ દબાણનું જોર કરશે ?

૨૨. એક રેલવે ટ્રેનનું વળન ૨૪૦ ટન છે અને ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડકને મથાળે પહોંચતાં દર કલાકે ૩૦ માઇલની ઝડપ મેળવે છે અને ત્યારબાદ વરાળને એન્જનમાં દાખલ થતી બંધ કરી તે પોતાની મેળે ઉતરાણુ ઉપરથી નીચે આવે છે. જો ઢાળની લંબાઈ  $\frac{૧}{૨}$  માઇલ હોય તો ઢાળની તળેટીએ તેની ઝડપ કેટલી હશે ? ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે.

૨૩. એક પદાર્થ સ્થાઈ સ્થિતિએથી ઉપડે છે અને તેની ઝડપમાં દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ ૮ ફુટની ઝડપના દરે વધારો થતો જાય છે તો તે પદાર્થને ૧૪૪ ફુટનું અંતર પસાર કરવા માટે કેટલો વખત લાગશે ?



૨૪. એક ચાલતો પદાર્થ જ્યારે તે ૪૫ ફુટનું અંતર ચાલે છે તે દરમ્યાન તેની ઝડપ દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ ૨ ફુટ ઘટતી જાય છે અને છેવટે તેની ઝડપ દર સેકન્ડે ૪ ફુટની છે, તો તે પદાર્થની શરૂઆતની ઝડપ (વેલોસિટી) કેટલી હશે ?

૨૫. જ્યારે ટ્રેનને અટકાવવા માટે એક લાગુ પાડવામાં આવી તે વેળાએ તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૪૦ માઈલ છે, અને જે અરસા દરમ્યાન એકને લાગુ પાડેલી રાખવામાં આવી તે દરમ્યાન તે ટ્રેન ૨૨૦ વાર ચાલીને ઉભી રહી. ઝડપમાં થતો ઘટાડો (રીટાર્ડેશન Retardation) એક સરખો છે એમ માની લેતાં એકને કેટલો વખત સુધી લગાડેલી રાખવામાં આવી હશે તે શોધો ?

૨૬. એક મોટરકારની ઝડપ અકેકથી ૪૦૦ ફુટ દુર ગોઠવેલા થાંભલાની સંખ્યાને પસાર કરવાના વખત તપાસીને નક્કી કરવામાં આવે છે. પહેલા અને બીજા થાંભલા વચ્ચેનું અંતર પસાર કરતાં ૧૬ સેકન્ડ લાગ્યા, અને બીજા અને ત્રીજા વચ્ચેનું અંતર પસાર કરતાં ૧૫ સેકન્ડ લાગ્યા. જે મોટરકારની ઝડપમાં થતો વધારો એટલે એકસેલરેશન એક સરખો હોય તો દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ એકસેલરેશન (એટલે પ્રવેગ અથવા ઝડપમાં થતો વધારો) શોધો, અને વળી જે વેળાએ તે મોટરકાર પહેલો થાંભલો પસાર કરે છે તે વેળાએ તેની ઝડપ દર કલાકે કેટલા માઈલ હશે તે શોધો ?

૨૭. બે માણસો ૬ ટનનાં વજનનાં એક રેલવેનાં માલ ગાડાંને ગતિમાં મુકે છે. દરેક માણસ ૬૦ પૌંડનું ચાલુ જોર કરે છે. ધર્પણુનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે, તો એક મીનીટમાં તે માલગાડું સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

૨૮. એક તોપ જેની લંબાઈ ૮ ફુટ છે અને વજન ૫ ટન છે તેમાંથી ૧૦૦ પૌંડનાં વજનના એક દારૂગોળાને દર સેકન્ડે ૧૦૦૦ ફુટની ઝડપે છોડવામાં આવે છે, તો તે તોપ ઉપર આવતા ધક્કાની ગતિને પ્રવેગ શોધો અને વળી ધક્કાનું સરેરાશ જોર શોધો ?

૨૯. એક લોકમોટીવ એન્જીન જ્યારે દર કલાકે ૪૦ માઇલની ઝડપે દોડે છે ત્યારે તે પાટાઓની વચ્ચે મુકેલી પાણીથી બરેલી પરનાળમાંથી પાણી ઉપાડી લે છે. જો ૫૦ સેકન્ડમાં ૫ ટન વજનનાં પાણીના જથ્થાને ઉપાડવામાં આવે અને એન્જીનની ઝડપમાં કશો ફેરફાર ન થાય, તો એન્જીનને કેટલો વધારાનો અવરોધ નડતો હશે તે શોધો ?

૩૦. એક બંદુક દર સેકન્ડે ૧૫૦૦ ફુટની ઝડપે એક મીનીટમાં ૩૨૦ ગોળીઓ છોડે છે. દરેક ગોળીનું વજન ૦.૦૨૫ પૌંડ છે, તો ગેસનું વેગમાન ધ્યાનમાં ન લેતાં તે બંદુક ઉપર ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર શોધો ?

૩૧. પાણીનો એક ડુંવારો (જેટ jet) દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટની ઝડપે એક સેકન્ડમાં ૬૦ પૌંડ પાણી છોડે છે. એક પ્લેટ જેને એવી રીતે સજ્જડ કરેલી છે કે તેનું ક્ષેત્ર ડુંવારાની પીચકારી (જેટ) ને કાટખુણે આવેલું છે તેની સાથે ડુંવારાની પાણીની પીચકારી અડે છે, તો પ્લેટ ઉપર આવતું દબાણ શોધો ?

## પ્રકરણ ૨જું

બદ્ધ શક્તિ ( પોટેન્શીઅલ એનર્જી ). વેગીય  
શક્તિ ( કાઈનેટીક એનર્જી ).

એનર્જી ( energy ).—એનર્જી એટલે કામ કરવાની શક્તિ.

પોટેન્શીઅલ એનર્જી ( potential energy બદ્ધ શક્તિ ),—પોટેન્શીઅલ એનર્જી એ શક્તિનું રૂપ છે જે એક પદાર્થમાં પોતાનાં સ્થાન અથવા પોતાની સ્થિતિને લીધે હોય છે. દાખલા તરીકે, જ્યારે ૧૦ પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે ત્યારે તે પદાર્થમાં ૧૦૦ ફુટ-પૌંડની પોટેન્શીઅલ એનર્જી હોય છે, કારણ કે તે ૧૦ પૌંડનાં વજનને ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવા માટે જોઈતા કામના જથ્થા જેટલું કામ લે છે; અને સારખાદ જો તેને ઉંચેથી પડવા દેવામાં આવે તો તે કુદરતી રીતે તેટલોજ કામનો જથ્થો ધર્પણનો અવરોધ દૂર કરવામાં પાછો આપી દે છે, અથવા જો તે છુટથી નીચે પડ્યો હોત તો તેને તેટલુંજ કામ કરવામાં ઉપયોગી રીતે કામે લગાડી શકાયો હોત.

પોટેન્શીઅલ એનર્જી પદાર્થની સ્થિતિને લીધે પણ હોય છે; જેમકે, ધડીઆળની ગુંચળું વાળેલી (coiled) સ્પ્રિંગમાંની પોટેન્શીઅલ એનર્જી જ્યારે તે સ્પ્રિંગને ચાવી આપી વિંટાળેલી હોય ત્યારે તે ધડીઆળનાં યંત્ર કામને ચલાવવાનું કામ કરે છે. વળી આપણને કાલસાના ગાંગડામાંની પોટેન્શીઅલ એનર્જીનો દાખલો મળે છે કે જ્યારે

તે કાલસાના ગાંગડાને બાળવામાં આવે ત્યારે તે ઉજ્જ્વળતા આપી દે છે, જે ઉજ્જ્વળતા કામ કરવા માટે વરાળ યંત્ર (સ્ટીમ એન્જીન)માં વાપરવાની વરાળને ઉત્પન્ન કરશે. અથવા ઇલેક્ટ્રીક મોટરીની બાબતમાં જેમાં ત્રાંબાની પ્લેટને કોપર સલ્ફેટમાં અને જસતની પ્લેટને ઝીંક સલ્ફેટમાં મુકેલી હોય છે તેમાં ઇલેક્ટ્રીક મોટરને તાર વડે યોગ્ય રીતે જોડવાથી વિજ્ઞાનિક શક્તિ આપે છે, જે શક્તિનું મોટર વડે કામમાં રૂપાંતર થઈ શકે અને તેથી કાંઈ ઉપયોગી હેતુ પાર પડે છે.

**કાઈનેટીક એનર્જી (kinetic energy વેગીય શક્તિ).**—કાઈનેટીક એનર્જી શક્તિનું રૂપ છે જે એક પદાર્થમાં પોતાની ગતિને લીધે હોય છે. દાખલા તરીકે, પોટેન્શીઅલ એનર્જીના પહેલા ઉદાહરણમાં ૧૦ પૌંડનાં વજનને ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી છુટથી નીચે પડતાં પોતાની ગતિને લીધે પોતાની અંદર ૧૦૦ ફુટ-પૌંડની બરાબરનાં એકઠાં થયલાં કામનો જથ્થો સંઘરી મુક્યો હતો.

**સંચિત કામ અથવા એકઠું થયલું કામ (accumulated work).**—જો  $W$  પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને  $h$  ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે તો એકઠી થયેલી પોટેન્શીઅલ એનર્જી =  $W h$  ફુટ-પૌંડ.

હવે જો તે પદાર્થને ગુરુત્વાકર્ષણનાં કાર્ય વડે  $h$  ફુટ નીચે છુટથી પડવા દેવામાં આવે, તો  $t$  સેકન્ડનાં વખતનાં અંતે તે દર સેકન્ડે  $v$  ફુટની ગતિ મેળવશે.

નીચે પડતા પદાર્થો માટે આગળ આપેલી ફોર્મ્યુલા તપાસતાં આપણને માલમ પડશે કે—

$$v = \sqrt{2gh}, \therefore v^2 = 2gh$$

$$\therefore h = \frac{v^2}{2g}$$

નજ થયેલી પોટેન્શીઅલ એનર્જી = મેળવેલી કાઈનેટીક એનર્જી.

$$\therefore Wh = \frac{Wv^2}{2g}$$

તેટલા માટે ચાલતા પદાર્થોમાં સંચિત કામ એટલે એકદું થયલું કામ અથવા કાઇનેટીક એનર્જી નીચલી ફોર્મ્યુલા વડે દર્શાવવામાં આવે છે:—

$$\text{કાઇનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g}$$

**દાખલો ૧.**—૪૨૦ પૌંડનાં વજનને ૩૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે, તો તેની પોટેન્શીઅલ એનર્જી શોધો? વળી તે વજન આ આપેલી ઉંચાઈએથી નીચે પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે તે શોધો, અને તેમાં એકદું થયેલું કામ અથવા કાઇનેટીક એનર્જી શોધો?

$$\text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} = Wh = 420 \times 30 = \underline{12600 \text{ ફુટ-પૌંડ}}$$

$$v^2 = 2gh = 2 \times 32 \times 30 = 1920$$

$$\therefore v = \sqrt{1920} = 43.81 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\begin{aligned} \text{કાઇનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{2g} = \frac{420 \times 1920}{2 \times 32} \\ &= \underline{12600 \text{ ફુટ-પૌંડ}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૨.**—એક હથોડીનું માથું જેનું વજન ૨ પૌંડ છે તે ફટકો પડતી વેળા દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટની ઝડપે દાગીના ઉપર આવી પડે છે, તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી સમાયલી હશે?

$$\text{કાઇનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{2 \times 40 \times 40}{2 \times 32} = \underline{50 \text{ ફુટ-પૌંડ}}$$

**દાખલો ૩.**—એક વરાળની મદદ વડે ચાલતા હથોડા (સ્ટીમ હેમર)નાં માથાંનું વજન ૫૦૦ પૌંડ છે, અને તેને દરેક ફટકાની પૂર્વે દાગીનાની ઉપર ૩ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો જ્યારે હથોડાનું માથું દાગીનાની નજદીક આવી પડે તે વેળાએ તેની કાઇનેટીક એનર્જી કેટલી હશે? એમ માની લેવાનું છે કે ધર્પણને કીધે થતી ખોટ ખીલકુલ નથી અને વરાળ હથોડાનું માથું માત્ર ઉપાડવા માટેજ વપરાય છે.

$$v^2 = 2gh = 2 \times 32 \times 3 = 192$$

$$\text{કાર્બનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{400 \times 192}{2 \times 32} = \underline{1200 \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

દાખલો ૪.—એક ૨ ટનના વરાળથી ચાલતા હથોડા (સ્ટીમ હેમર)ને દરેક ફટકાની પૂર્વે ૮ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો આ ઉપાડેલાં વજનમાં સમાયલું કામ શોધો. જો આ અંતરેથી તે હથોડાને નીચે પાડવામાં આવે તો તે હથોડો દાગીનાની નજદીક આવી પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે ?

$$\text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} = Wh = 2 \times 2240 \times 8 = \underline{35840 \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

$$v^2 = 2gh = 2 \times 32 \times 8 = 512$$

$$\therefore v = \sqrt{512} = \underline{22.62 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

અથવા

$$\text{કાર્બનેટીક એનર્જી} = \text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી}$$

$$\frac{Wv^2}{2g} = Wh$$

$$\therefore v^2 = \frac{Wh \times 2g}{W} = 2gh$$

$$= 2 \times 32 \times 8 = 512$$

$$\therefore v = \sqrt{512} = \underline{22.62 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

દાખલો ૫.—એક વરાળથી ચાલતો હથોડો (સ્ટીમ હેમર) જેનું વજન ૨ ટન છે તે ૬ ફુટની ઉંચાઈથી લોખંડના દાગીના ઉપર આવી પડે છે અને તે જ લોખંડ ઉપર પડે છે તેને ૧ ફી ઈંચ દબાવી દે છે, તો દબાવવાની ક્રિયા દરમિયાન તે લોખંડ ઉપર કરવામાં આવતું સરેરાશ જોર શોધો ?

$$v^2 = 2gs = 2 \times 32 \times 6 = 384$$

હથોડામાં સમાયલું કામ = હથોડા વડે આપવામાં આવતું કામ.

પણ, હથોડા વડે આપવામાં આવતું કામ = જે પણ હથોડા કોખંડને લાગે છે તે વેળાની કાર્ધનેટીક એનર્જી + ૧૩ ઈંચ સુધી હથોડા નીચે ઉતરતાં થતું કામ.

$$\therefore R \times h = \frac{Wv^2}{2g} + W \times h$$

$$R \times \frac{3}{2 \times 12} = \frac{2 \times 368}{2 \times 32} + 2 \times \frac{3}{2 \times 12}$$

$$R \times \frac{1}{4} = 12 + \frac{1}{4}$$

$$\therefore R = \frac{48 \times 4}{4 \times 1} = 48 \text{ ટન}$$

જો W પૌંડના એક પદાર્થને સંપૂર્ણ લીસી સપાટી ઉપર ૮ ફુટનાં અંતર સુધી F પૌંડનાં જોર વડે આગળ હસેલવામાં આવે જેથી એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ  $\alpha$  ફુટનું એક્સેલરેશન એટલે પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય; ત્યારે આગળ આપેલી ફોર્મ્યુલા પ્રમાણે—

$$F : W :: \alpha : g$$

$$\therefore F = \frac{Wa}{g}$$

$$\text{અને } l = \frac{v^2}{2\alpha}$$

પણ l ફુટનાં અંતરે થયલું કામ =  $F \times l$  = પોટેન્શીઅલ એનર્જી છે, માટે

$$F \times l = \frac{Wa}{g} \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$\therefore F \times l = \frac{Wv^2}{2g} \text{ ફુટ-પૌંડ}$$

તેટલા માટે આ બાબતમાં ચાલતા પદાર્થમાં એકદું થયલું કામ અથવા કાર્ધનેટીક એનર્જી નીચલી ફોર્મ્યુલા વડે દર્શાવવામાં આવશે:—

$$\text{કાર્ધનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g}$$

દાખલો ૬.—૧૬૦ ફુટનું એક વજન દર સેકન્ડે ૨૦ ફુટની ઝડપે ચાલે છે, તો તેની કાઈનેટીક એનર્જી શોધો ?

$$\begin{aligned}\text{કાઈનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{2g} = \frac{160 \times 20 \times 20}{2 \times 32} \\ &= \underline{1000 \text{ ફુટ-પૌંડ}}\end{aligned}$$

દાખલો ૭.—એક વહાણનું વજન ૧૫૦૦૦ ટન છે, તો જ્યારે તે વહાણ ૨૦ નાટની ઝડપે ચાલે ત્યારે તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી હશે ?

૧ નાટ એટલે દરીઆઈ માઈલ = ૬૦૮૦ ફુટ દર કલાકે.

$$\begin{aligned}\text{દર સેકન્ડે વહાણની ગતિ એટલે વેલોસિટી} &= \frac{20 \times 6080}{60 \times 60} \\ &= \underline{\underline{308 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{કાઈનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{2g} = \frac{15000 \times 308 \times 308}{2 \times 32 \times 16 \times 16} \\ &= \underline{\underline{269800.8 \text{ ફુટ-ટન}}}\end{aligned}$$

દાખલો ૮.—એક બંદુકની ગોળી જેનું વજન ૧ ઓંસ છે તે દર સેકન્ડે ૧૨૮૦ ફુટની ઝડપે બંદુકની નળીમાંથી બહાર નીકળે છે, તો તે ગોળીની કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ-પૌંડમાં શોધો ?

$$\begin{aligned}\text{કાઈનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{2g} = \frac{1 \times 1280 \times 1280}{16 \times 2 \times 32} \\ &= \underline{\underline{12800 \text{ ફુટ-પૌંડ}}}\end{aligned}$$

દાખલો ૯.—એક પદાર્થ જેનું વજન ૧૨ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૬૦ ફુટની ઝડપે ચાલે છે અને તેને નડતો ૩ પૌંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો તે પદાર્થ વિશ્રામ સ્થિતિએ આવવાની પૂર્વે એટલે ઉભો રહેવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

$$\begin{aligned}\text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} &= \text{અવરોધ} \times \text{અંતર} = R \times l = 3 \times l \\ \text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} &= \text{કાઈનેટીક એનર્જી}\end{aligned}$$



$$૩ \times l = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$૩ \times l = \frac{૧૨ \times ૬૦ \times ૬૦}{૨ \times ૩૨}$$

$$\therefore l = \frac{૧૨ \times ૬૦ \times ૬૦}{૩ \times ૨ \times ૩૨} = \underline{૨૨૫ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૧૦.—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન ૬૦ ટન છે, અને જ્યારે વરાળને એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તેની ઝડપ દર કલાકે ૨૫ માઈલ છે. જો ધર્ષણનો ગુણક (કોએફિશિયન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન) ૦.૦૩૫ હોય તો સપાટ સડક ઉપર તે ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલે દુર ચાલી જશે ?

$$\begin{aligned} \text{દર સેકન્ડે ટ્રેનની ઝડપ એટલે વેલોસિટી} &= \frac{૨૫ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} \\ &= \frac{૧૧૦}{૩} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે} \end{aligned}$$

$$\text{ધર્ષણનો અવરોધ } R = \frac{૬૦ \times ૩૫}{૧૦૦૦૦} = \frac{૨૧}{૧૦૦} \text{ ટન}$$

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઈનેટીક એનર્જી

$$R \times l = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\frac{૨૧}{૧૦૦} \times l = \frac{૬૦ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦}{૨ \times ૩૨ \times ૩ \times ૩}$$

$$\begin{aligned} \therefore l &= \frac{૬૦ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦ \times ૧૦૦}{૨ \times ૩૨ \times ૩ \times ૩ \times ૨૧} \\ &= \underline{૬૦૦૨ \text{ ફુટ}} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૧.—રેશનનજીક આવતાં જ્યારે વરાળને એક ટ્રેનનાં એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૩૦ માઈલ છે, તો સપાટ સડક ઉપર હોડતાં ૭૦૦ વારમાં

તે ટ્રેનને ચોલાવવા માટે એક વડે દર દન દીઠ કેટલા પૌંડનો ધર્ષણનો અવરોધ લાગુ પાડવો જોઈએ ? વળી તેટલાજ એક પાવર ( એટલે એક વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતાં ધર્ષણ ) થી ૧૦૦એ ૧નાં ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં અને તે ઉપરથી નીચે ઉતરતાં તે ટ્રેન કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

(૧) ધારો કે ટ્રેનનું વજન = ૧ દન

$$\text{દર સેકન્ડે ટ્રેનની ઝડપ} = \frac{30 \times 5280}{60 \times 60} = 44 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઈનેટીક એનર્જી

$$R \times l = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$R \times 100 \times 3 = \frac{1 \times 2240 \times 44 \times 44}{2 \times 32}$$

$$\therefore R = \frac{1 \times 2240 \times 44 \times 44}{100 \times 3 \times 2 \times 32}$$

$$= 32.25 \text{ પૌંડ દર દન દીઠ}$$

(૨) એક વડે ઉત્પન્ન થતો ધર્ષણનો અવરોધ દર દન વજન દીઠ ૩૨.૨૬ પૌંડ છે.

ઢાળ ૧૦૦ એ ૧નો છે, માટે ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતો અવરોધ દર દન દીઠ =  $\frac{2240}{100} = 22.4$  પૌંડ દર દન દીઠ.

$\therefore$  ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં નડતો કુલ અવરોધ

$$= 32.25 + 22.4 = 54.65 \text{ પૌંડ દર દન દીઠ.}$$

$$R \times l = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$54.65 \times l = \frac{1 \times 2240 \times 44 \times 44}{2 \times 32}$$

$$\therefore I = \frac{1 \times 2280 \times 88 \times 88}{2 \times 32 \times 58.66}$$

$$= 1286.6 \text{ ફુટ} = \underline{813.2 \text{ વાર}}$$

અથવા

પૌંડ દર ટન દીઠ      પૌંડ દર ટન દીઠ      વાર

૫૪.૬૬      :      ૩૨.૨૬      :: ૭૦૦      : અંતર

(પસાર થતાં અંતર અવરોધનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે).

$$\therefore \text{અંતર} = \frac{૩૨.૨૬ \times ૭૦૦}{૫૪.૬૬} = \underline{૪૧૩.૨ \text{ વાર}}$$

(૩) ઢાળ ઉપરથી નીચે ઉતરતાં નડતો કુલ અવરોધ

$$= ૩૨.૨૬ - ૨૨.૪ = ૯.૮૬ \text{ પૌંડ દર ટન દીઠ.}$$

અંતરો અવરોધોનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે, માટે

પૌંડ દર ટન દીઠ      પૌંડ દર ટન દીઠ      વાર

૯.૮૬      :      ૩૨.૨૬      :: ૭૦૦      : અંતર

$$\therefore \text{અંતર} = \frac{૩૨.૨૬ \times ૭૦૦}{૯.૮૬} = \underline{૨૨૯૦.૨૬ \text{ વાર}}$$

**દાખલો ૧૨.**—એક લોકોમોટીવ એન્જીનનાં ટેન્ડર (tender) સાથે જોડેલી એક ઉભી પાઈપને નીચલે છેડેથી ચપટાં મોઢાં સાથના મોટા કડછાના આકારની બનાવેલી છે, અને તે સડક ઉપર મુકેલી પાણીથી ભરેલી પરનાળ (ટ્રાફ્ઝ trough)માંથી પાણી ઉપાડી લે છે. જો એન્જીન અને ટેન્ડરની ઝડપ દર કલાકે ૨૨ માઈલ હોય તો તે ઉભી પાઈપમાં પાણી કેટલી ઉંચાઈએ ઉપર ચઢશે ?

દર સેકન્ડે એન્જીન અને ટેન્ડરની ઝડપ =  $\frac{૨૨ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$

$$= ૪૮૪ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$v^2 = 2gs$$

$$\therefore S = \frac{v^2}{2g}$$

અથવા

$$Wh = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore h &= \frac{Wv^2}{2g \times W} \\
 &= \frac{v^2}{2g} = \frac{888 \times 888}{2 \times 32 \times 14 \times 14} \\
 &= \underline{14.24 \text{ ફુટ પાણી ઉંચે ચઢશે.}}
 \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૩.**—એક આગ હોલવવાના બંખા (ફાયર એન્જીન પમ્પ) સાથે એક નોઝલ (પાણીને ઉંચે ફેંકનારી શંકુ આકારની નળી) પુરી પાડેલી છે, જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે. આ નોઝલમાંથી પાણીને દર સેકન્ડે ૧૩૦ ફુટની ઝડપે ફેંકવામાં આવે છે, તો ચાલતા ભાગોનાં ધર્ષણથી થતી શક્તિની ખોટ ધ્યાનમાં ન લેતાં આ પમ્પ એટલે બંખાને ચલાવવા માટે એન્જીનના કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે? એક ધનફુટ પાણીનું વજન ૬૨.૫ પૌંડ છે.

નોઝલનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે, અને એક સેકન્ડમાં પાણીના સ્થંભની ઉંચાઈ ૧૩૦ ફુટ છે, માટે એક સેકન્ડમાં પાણીના સ્થંભનું માપ:—

$$\begin{aligned}
 & ૧ ચો. ઇંચ ક્ષેત્રફળ \times ૧૩૦ \text{ ફુટ ઉંચાઈ.} \\
 \therefore \text{એક સેકન્ડમાં ફેંકાતા પાણીના આ સ્થંભનું} \\
 & \text{ધનમાપ} = \frac{1}{448} \times ૧૩૦ = \frac{130}{448} \text{ ધનફુટ.} \\
 \therefore \text{એક સેકન્ડમાં ફેંકાતાં પાણીનું વજન} &= \frac{130}{448} \times ૬૨.૫ \\
 &= \frac{૪૦૬૨.૫}{૭૨} \text{ પૌંડ.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{કાર્ધનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{2g} \\
 &= \frac{૪૦૬૨.૫ \times ૧૩૦ \times ૧૩૦}{૭૨ \times ૨ \times ૩૨} \text{ ફુટ-પૌંડ એક સે.માં}
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૪૦૬૨.૫ \times ૧૩૦ \times ૧૩૦ \times ૬૦}{૭૨ \times ૨ \times ૩૨ \times ૩૩૦૦૦} = \underline{૨૭ \text{ હોર્સપાવર}}$$

**દાખલો ૧૪.**—એક તોપના ગોળામાં દર સેકન્ડે ૩૦૦૦ ફુટની ઝડપે ૧૬૭૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ કાઈનેટીક એનર્જી છે. પાછળથી તેની ઝડપ ધટીને દર સેકન્ડે માત્ર ૨૦૦૦ ફુટની થઈ, તો કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી તેણે ગુમાવી હશે ?

કાઈનેટીક એનર્જી વેગ એટલે વેલોસીટીઝના વર્ગનાં પ્રમાણમાં છે, માટે

ફુટ-પૌંડ

$$૩૦૦૦^૨ : ૨૦૦૦^૨ :: ૧૬૭૦૦૦૦ : K. E.$$

$$\therefore K. E = \frac{૨૦૦૦ \times ૨૦૦૦ \times ૧૬૭૦૦૦૦}{૩૦૦૦ \times ૩૦૦૦} = ૭૪૨૨૨૨ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{ગુમાવેલી કાઈનેટીક એનર્જી} = ૧૬૭૦૦૦૦ - ૭૪૨૨૨૨ = ૯૨૭૭૭૮ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

**દાખલો ૧૫.**—જ્યારે એક ટ્રેકશન એન્જીનનાં ફ્લાઈ વ્હીલની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ધટીને ૧૪૦ આંટા થાય છે, ત્યારે (આખાં એન્જીન તેમજ ફ્લાઈ વ્હીલની ગતિ ઉપરની) કાઈનેટીક એનર્જીની ખોટ ૨૫૦૦૦ ફુટ-પૌંડ થાય છે. જો ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટા હોય અને એન્જીન તથા તે સાથે જોડેલાં ટ્રક (ખુલ્લાં માલ ગાડાં)નું વજન ૩૦ ટન હોય તથા સપાટ સડક ઉપર ચાલુ ધર્ષણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૨૦ પૌંડ હોય તો તે એન્જીન સ્થિર થવાની પૂર્વે ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર કેટલે દુર ચાલી જશે ?

$$\text{ધર્ષણનો અવરોધ} = ૨૦ \text{ પૌંડ દર ટન દીઠ.}$$

$$\text{ગુરુત્વાકર્ષણનો અવરોધ} = \frac{૨૨૪૦}{૧૦૦} = ૨૨.૪ \text{ પૌંડ દર ટન દીઠ.}$$

$$\therefore \text{ઢાળ ઉપર ચઢતાં દર ટન દીઠ નડતો કુલ અવરોધ} = ૨૦ + ૨૨.૪ = ૪૨.૪ \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{કુલ અવરોધ} = ૪૨.૪ \times ૩૦ = ૧૨૭૨ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{જો } E = \text{દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ પૌંડમાં.}$$

$$\therefore E - ૨૫૦૦૦ = \text{દર મીનીટે ૧૪૦ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ-પૌંડમાં.}$$

$$E : (E - ૨૫૦૦૦) :: ૧૫૦^૨ : ૧૪૦^૨$$

$$૧૪૦ \times ૧૪૦ \times E = ૧૫૦ \times ૧૫૦ \times (E - ૨૫૦૦૦)$$

$$૧૯૬૦૦ E = ૨૨૫૦૦ E - ૨૨૫૦૦ \times ૨૫૦૦૦$$

$$૧૯૬૦૦ E - ૨૨૫૦૦ E = - ૫૬૨૫૦૦૦૦૦$$

$$૨૯૦૦ E = ૫૬૨૫૦૦૦૦૦$$

$$\therefore E = \frac{૫૬૨૫૦૦૦૦૦}{૨૯૦૦} = \frac{૫૬૨૫૦૦૦}{૨૯} \text{ ફુટ-પૌંડ ૧૫૦ આંટાની ઝડપે}$$

$$૧૫૦^૨ : ૧૬૦^૨ :: \frac{૫૬૨૫૦૦૦}{૨૯} : \text{કાઈનેટીક એનર્જી.}$$

$$\therefore \text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{૧૬૦ \times ૧૬૦ \times ૫૬૨૫૦૦૦}{૨૯ \times ૧૫૦ \times ૧૫૦}$$

$$\therefore \text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{૬૪૦૦૦૦૦૦}{૨૯} \text{ ફુટ-પૌંડ ૧૬૦ આંટાની ઝડપે.}$$

$$\text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} = \text{કાઈનેટીક એનર્જી.}$$

$$૧૨૭૨ \times l = \frac{૬૪૦૦૦૦૦}{૨૯}$$

$$\therefore l = \frac{૬૪૦૦૦૦૦}{૨૯ \times ૧૨૭૨} = \underline{૧૭૩.૫ \text{ ફુટ}}$$

ફરતા પદાર્થમાં એકદું થતું કામ.—જો W પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને ગતિનાં મધ્યબિંદુથી  $n$  ફુટનાં અંતરે એકાગ્ર કરવામાં આવે અને તેને દર સેકન્ડે  $v$  ફુટની ગતિની ઝડપ મળે એમ ફેરવવામાં આવે, ત્યારે

$$v = ૨ \pi r n,$$

એમાં  $n$  = દર સેકન્ડે આંટા એટલે રેવોલ્યુશનની સંખ્યા. એકદું થયેલું

$$\begin{aligned} \text{કામ એટલે કાઈનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{૨g} = \frac{W \times ૨\pi r n \times ૨\pi r n}{૨g} \\ &= \frac{W \times ૪\pi^2 r^2 n^2}{૨g} \text{ ફુટ-પૌંડ.} \end{aligned}$$

ફરતા પદાર્થમાં એકઠાં થતાં કામનો સારો ઉદાહરણ ફરતાં ફલાઈ વ્હીલમાં એકઠી થતી શક્તિ છે. જો એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાં વરાળનું દબાણ અને કટ-ઓફનું બિંદુ નિયંત્રણ રાખવામાં આવે, અને તે એન્જીન વડે ચાલતા થોડાક સંચાઓ એટલે મશીનોને લુસ પુલી ઉપર પટો લઈ ચાલતા બંધ કરવામાં આવે, તો તે એન્જીન ઉપરનો ભાર (લોડ) ઓછો થશે, અને તેથી એન્જીનની ઝડપ વધવા માંડશે. પણ જો એન્જીન ઉપર ધણું ભારે ફલાઈ વ્હીલ આપવામાં આવે, તો એન્જીનનું ફાલતુ વધારાનું જોર ફલાઈ વ્હીલમાં એકઠું થશે, જેથી જો કે એન્જીન ઓછા ભારે (લોડે) અથવા ભાર (લોડ) વિના ચાલતું હોય છતાં તેની ઝડપમાં એટલો બધો વધારો થશે નહીં. ટુંક વખત પછી જો તે મશીનોને પટાને ફાસ્ટ પુલી ઉપર લઈ એકાએક ફરીને ચાલુ કરવામાં આવે, ત્યારે એન્જીન ઉપર ભાર (લોડ) તેટલીજ ઝડપથી વધશે; પણ જોર માટેની આ ઓર્ગિટી માંગણીને પહોંચી વળવાને ફલાઈ વ્હીલમાંની એકઠી થયેલી શક્તિ શક્તિમાન થશે, જેથી એન્જીનની ઝડપમાં ઝાઝો ફેરફાર થશે નહીં. તેટલા માટે ફલાઈ વ્હીલ માત્ર ભાર (લોડ)ના ફેરફાર માટેજ નહીં, પણ એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાંનાં ફેરફાર થતાં વરાળનાં દબાણ માટે પણ ઝડપને નિયમિત કરનાર તરીકે કાર્ય કરે છે. આ વિશેષ કરીને ગેસ અને ઓઈલ એન્જીનની બાબતમાં લક્ષ આપવા લાયક છે, જેમાં સ્ટ્રોકની શરૂઆતમાં સીલીન્ડરમાંની ગેસનો લગભગ ક્ષણિક ધડાકો પુષ્કળ જોર ઉત્પન્ન કરે છે. આ જોર જો એન્જીન ઉપર ધણું ભારે ફલાઈ વ્હીલ આપવામાં ન આવ્યું હોય તો પીસ્ટનને વિજળીક ઝડપે જોરથી આગળ હસેલશે. આ ઓર્ગિટી ઉત્પન્ન થતાં પુષ્કળ જોરનો કેટલોક ભાગ ફલાઈ વ્હીલ એકઠો કરે છે અને જ્યારે ધડાકો ન થતો હોય ત્યારે વચક્ષ રેટ્રોક્સ દરમ્યાન તે ફરીને પાછો આપે છે; અને આ પ્રમાણે ઝડપનું એકસરખાપણું જળવે છે; અને જો ગેસ અને ઓઈલ એન્જીન ઉપર ફલાઈ વ્હીલ બીલકુલ આપવામાં ન આવ્યું

હોત અથવા માત્ર એક હલકું ફલાઈ વ્હીલ આપવામાં આવ્યું હોત તો ઝડપનાં આ સરખાપણાની ગેરહોજરી તુરત માલમ પડી આવતે. બેશક, ફલાઈ વ્હીલ વિના ગેસ અને ઓઈલ એન્જીનની ગતિ એટલી બધી અનિયમિત હોત કે જેથી ફલાઈ વ્હીલની મદદ વડે તે એન્જીનોનો જે ઘણાં કામો માટે વખાણવા જોગ રીતે બંધબેસતો ઉપયોગ કરી શકાય છે તેવો ઉપયોગ કરવાને અટકાય નડતે.

**પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા (રેડીઅસ ઓફ ગાઈરેશન Radius of Gyration).**—એ તો સ્પષ્ટ થશે કે ફલાઈ વ્હીલ અથવા ગોળ ફરતા ચંદ્ર (ડીસ્ક)ની બાબતમાં જે ભાગો ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુ દુર હોય છે તે ભાગોએ તે બિંદુની વધુ નજદીક આવેલાં તેટલાંજ વજનના ભાગો કરતાં વધુ શક્તિ એકઠી કરવી જોઈએ, કારણ કે તેઓ વધુ ગતિના વેગે ચાલે છે. તોપણ દરેક ગોળ ફરતા પદાર્થ માટે એક પરિવર્તનની સરેરાશ ત્રિજ્યા અથવા સરેરાશ પરિરેખા હોય છે જેને “રેડીઅસ ઓફ ગાઈરેશન” (Radius of Gyration) કહે છે, જે ગતિનાં મધ્યબિંદુથી એટલે દુર હોય છે કે જે તે પદાર્થનો સઘળો જથ્થો ત્યાં એકાગ્ર કરવામાં આવે તો દર મીનીટે તેટલીજ ઝડપે અથવા આંટાની સંખ્યાએ તેટલીજ ક્રાંતિ એનર્જી અથવા એકલું થયેલું કામ ઉત્પન્ન થશે. આ સરેરાશ ત્રિજ્યાની લંબાઈ ગોળ ફરતા પદાર્થના આકાર પ્રમાણે ફરફાર થાય છે અને તેની ગણતરી માટે ઉચ્ચ ગણિતશાસ્ત્રનાં જ્ઞાનની જરૂર હોય છે; તેથી આપણે એમ માની લઈશું કે ફલાઈ વ્હીલની બાબતમાં તેની પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા એટલે રેડીઅસ ઓફ ગાઈરેશન રીમનાં ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ આગળ છે, અથવા ગણવાના કોઈપણ દાખલામાં તે અંતર આપવામાં આવે છે.

ધારો કે, બે ફલાઈ વ્હીલ સરખા વ્યાસનાં છે અને દર મીનીટે આંટાની સરખી સંખ્યાની ઝડપે ફરે છે, પણ બીજાં ફલાઈ વ્હીલનું



વજન પહેલાં ફલાઇ બ્હીલનાં વજનથી બમણું છે અથવા વજનો  $W$  અને  $2W$  છે, તો પહેલાં ફલાઇ બ્હીલની કાઇનેટીક એનર્જી  $= \frac{Wv^2}{2g}$  છે, અને બીજાંની કાઇનેટીક એનર્જી  $= \frac{2Wv^2}{2g}$  અથવા પહેલાં કરતાં બમણી છે.

વળી ધારો કે બે ફલાઇ બ્હીલો સરખા વ્યાસ અને વજનનાં છે, પણ આપેલા વખતમાં એક ફલાઇ બ્હીલ બીજાં ફલાઇ બ્હીલ કરતાં બમણા આંટાની ઝડપે ફરે છે, ત્યારે તેમની ગતિના વેગ એટલે વેલોસીટીઝનું પ્રમાણ  $1 : 2$  છે, અથવા તેમની ગતિના વેગ  $v$  અને  $2v$  છે, તો પહેલાં ફલાઇ બ્હીલની કાઇનેટીક એનર્જી  $= \frac{Wv^2}{2g}$  છે, અને બીજાંની કાઇનેટીક એનર્જી  $= \frac{W(2v)^2}{2g} = \frac{4Wv^2}{2g}$  અથવા પહેલાં કરતાં ચારગણી છે.

વળી ધારો કે બે ફલાઇ બ્હીલ સરખા વજનનાં છે અને બન્નેની ફરવાની ઝડપ સરખી છે એટલે અમુક વખતમાં બન્નેના આંટા (રેવોલ્યુશન)ની સંખ્યા સરખી છે, પણ બીજાં ફલાઇ બ્હીલની રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન પહેલાં ફલાઇ બ્હીલ કરતાં બમણી છે, ત્યારે તેમની આ ત્રિજ્યાઓ  $k$  અને  $2k$  છે, અને પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા એટલે રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન સરળ વેગ (લીનીઅર વેલોસીટી)નાં પ્રમાણમાં છે, માટે તેમને  $v$  અને  $2v$  વડે દર્શાવી શકાય, તો પહેલાં ફલાઇ બ્હીલની કાઇનેટીક એનર્જી  $= \frac{Wv^2}{2g}$  છે, અને બીજાંની કાઇનેટીક એનર્જી  $= \frac{W(2v)^2}{2g} = \frac{4Wv^2}{2g}$ , અથવા પહેલાં કરતાં ચારગણી છે.

જો  $v_1$  = ફલાઇ બ્હીલનાં રીમનો સૌથી વધુમાં વધુ વેગ હોય, અને  $v_2$  = રીમનો સૌથી ઓછામાં ઓછો વેગ હોય,

ત્યારે ઉત્પન્ન થતી કાઇનેટીક એનર્જી  $= \frac{W(v_1^2 - v_2^2)}{2g}$ .

દાખલો ૧૬.—એક ફ્લાઈ બ્હીલની રીમનું વજન  $1\frac{1}{2}$  ટન છે, અને તેના જથ્થાનો સરેરાશ સરળવેગ એટલે લીનીઅર વેલોસીટી દર સેકન્ડે ૨૪ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલા ફુટ-પૌંડ અને કેટલા ફુટ-ટન કામ એકઠું થાય છે. જો તેમાં વધારાની ૩૦ ફુટ-ટન જેટલી શક્તિ એકઠી કરવી હોય તો તેનો સરળ વેગ એટલે લીનીઅર વેલોસીટી કેટલી વધારવી જોઈશે ?

$$\begin{aligned} (૧) \text{ એકઠું થયેલું કામ એટલે કાર્બનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{2g} \\ &= \frac{૩ \times ૨૪ \times ૨૪}{૨ \times ૩૨} = ૧૩.૫ \text{ ફુટ-ટન} \\ &= ૧૩.૫ \times ૨૨૪૦ = ૩૦૨૪૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$(૨) \text{ કુલ શક્તિ} = ૧૩.૫ + ૩૦ = ૪૩.૫ \text{ ફુટ-ટન.}$$

$$\frac{Wv^2}{2g} = ૪૩.૫$$

$$\frac{૩ \times v^2}{૨ \times ૩૨} = ૪૩.૫$$

$$\therefore v^2 = \frac{૪૩.૫ \times ૨ \times ૩૨}{૩} = ૧૮૫૬$$

$$\therefore v = \sqrt{૧૮૫૬} = ૪૩.૦૮ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

દાખલો ૧૭.—એક ફ્લાઈ બ્હીલનો સરેરાશ વ્યાસ ૧૨ ફુટ છે અને તેનું વજન ૮ ટન છે. જો તે ફ્લાઈ બ્હીલ દર મીનીટે ૯૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તેમાં કેટલી કાર્બનેટીક એનર્જી એકઠી થશે ?

$$\text{દર સેકન્ડે વેગ એટલે વેલોસીટી} = \frac{૧૨ \times ૨૨ \times ૯૦}{૭ \times ૬૦} = \frac{૩૯૬}{૭} \text{ ફુટ.}$$

$$\begin{aligned} \text{કાર્બનેટીક એનર્જી} &= \frac{Wv^2}{2g} = \frac{૮ \times ૨૨૪૦ \times ૩૯૬ \times ૩૯૬}{૨ \times ૩૨ \times ૭ \times ૭} \\ &= ૮૯૬૦૯૧૪૩ \text{ ફુટ-પૌંડ} \end{aligned}$$

દાખલો ૧૮.—એક ફલાઇ વહીલની રીમનું વજન ૨ ટન છે; તે દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે; અને તેની પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા એટલે રેડીઅસ ઓફ ગાઈરેશન ૮ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી એકઠી થયેલી હશે? જો રીમનું વજન બમણું કરીએ તો કાઈનેટીક એનર્જી કેટલી વધશે? જો તેનું વજન અને ફરવાની ઝડપ તેજ રાખી તેનો વ્યાસ બમણો કરીએ તો પહેલી બાબત સાથે સરખાવતાં આ બાબતમાં કામ પ્રમાણમાં કેટલું વધશે? જો આંટા (રેવોલ્યુશન) એટલે ફરવાની ઝડપ બમણી કરીએ તો જવાબ શું આવશે?

(૧) એક આંટામાં વેગ અથવા વેલોસિટી =  $૮ \times ૨ \times ૩.૧૪૧૬$   
એક મીનીટમાં વેગ (વેલોસિટી) =  $૮ \times ૨ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૧૨૦$

$$\text{એક સેકન્ડમાં વેગ (વેલોસિટી)} = \frac{૮ \times ૨ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૧૨૦}{૬૦}$$

$$= ૧૦૦.૫૩૧૨ \text{ ફુટ}$$

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{૨g} = \frac{૨ \times ૨૨૪૦ \times ૧૦૦.૫૩૧૨ \times ૧૦૦.૫૩૧૨}{૨ \times ૩૨}$$

$$= ૭૦૭૪૫૬.૫૫૨ \text{ ફુટ-પૌંડ}$$

(૨) કાઈનેટીક એનર્જી વજનનાં સાધાં પ્રમાણમાં છે, માટે વજન બેવડું કરવાથી કાઈનેટીક એનર્જી બમણી વધશે.

(૩) કાઈનેટીક એનર્જી વેગ (વેલોસિટી)ના વર્ગનાં પ્રમાણમાં છે, અને વેલોસિટી વ્યાસનાં પ્રમાણમાં છે, માટે વ્યાસ બમણો કરવાથી એનર્જી ચારગણી વધશે.

(૪) આંટા અથવા ફરવાની ઝડપ વેગ (વેલોસિટી)નાં પ્રમાણમાં છે, માટે આંટા (રેવોલ્યુશન) બમણાં કરવાથી કાઈનેટીક એનર્જી ચારગણી વધશે.

દાખલો ૧૯.—જ્યારે એક ફલાઇ વહીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ૧૪૭ આંટા સુધી ઘટાડવામાં આવે છે ત્યારે તે

૫૦૦૦ ફુટ-પૌંડ કાઢનેટીક એનર્જી ખોએ છે; તો તે ફલાઇ બ્હીલ ન્યારે દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઢનેટીક એનર્જી હશે ?

ધારો કે  $x$  = ન્યારે ફલાઇ બ્હીલ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે ત્યારે તેમાં એકઠી થયેલી કાઢનેટીક એનર્જી ફુટ-પૌંડમાં.

$\therefore x - ૫૦૦૦$  = ન્યારે ફલાઇ બ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ૧૪૭ આંટા સુધી ઘટાડવામાં આવે છે તે વેળાએ તેમાં સમાયેલી કાઢનેટીક એનર્જી.

વેગ ( વેલોસીટીઝ )ના વર્ગનાં પ્રમાણમાં કાઢનેટીક એનર્જી છે, અને આંટાની સંખ્યા વેલોસીટીનાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$x : x - ૫૦૦૦ :: ૧૫૦^૨ : ૧૪૭^૨$$

$$\therefore x \times ૧૪૭ \times ૧૪૭ = (x - ૫૦૦૦) \times ૧૫૦ \times ૧૫૦$$

$$૨૧૬૦૯x = ૨૨૫૦૦x - ૨૨૫૦૦ \times ૫૦૦૦$$

$$૨૧૬૦૯x = ૨૨૫૦૦x - ૧૧૨૫૦૦૦૦૦$$

$$૨૧૬૦૯x - ૨૨૫૦૦x = - ૧૧૨૫૦૦૦૦૦$$

$$૮૯૧x = ૧૧૨૫૦૦૦૦૦$$

$$\therefore x = \frac{૧૧૨૫૦૦૦૦૦}{૮૯૧} = ૧૨૬૨૬૨.૬ \text{ ફુટ-પૌંડ}$$

**દાખલો ૨૦.**—એક શીઅરિંગ મશીન (shearing machine) લોખંડની પ્લેટ, સળીઆ, વિગેરે કાપનારું યંત્ર)નું ફલાઇ બ્હીલ ન્યારે તે દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે ત્યારે ૧૫૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ કાઢનેટીક એનર્જી ખોતાની અંદર એકઠી કરે છે; તો દર મીનીટે ૨૦૦ આંટા (રેવોલ્યુશન) સુધીના ઝડપના ઘટાડા દરમ્યાન તે કેટલી કાઢનેટીક એનર્જી આપી દેશે ? જો આ આપી દેવામાં આવતી શક્તિના ૮૨ ટકા તે શીઅરિંગ મશીનને ૨ ઈંચના સ્ટ્રોક દરમ્યાન આપવામાં આવે તો તે મશીનની કાપનારી બ્લેડ અથવા પાના ઉપર તેને લીધે કેટલું સરેરાશ જોર આવશે ?

વેગના વર્ગનાં પ્રમાણમાં કાઢનેટીક એનર્જી છે, અને ફરવાની ઝડપ એટલે આંટાની સંખ્યા વેગનાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$૧૫૦૦૦૦ : E :: ૨૫૦૨ : ૨૦૦૨$$

$$E = \frac{૧૫૦૦૦૦ \times ૨૦૦ \times ૨૦૦}{૨૫૦ \times ૨૫૦}$$

$$= ૯૬૦૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{ખોયલી કાઢનેટીક એનર્જી} = ૧૫૦૦૦૦ - ૯૬૦૦૦ \\ = ૫૪૦૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઢનેટીક એનર્જી

$$F \times \frac{૨}{૩} = ૫૪૦૦૦ \times \frac{૬૦૨}{૧૦૦}$$

$$\therefore F = \frac{૫૪૦૦૦ \times ૮૨ \times ૧૨}{૧૦૦ \times ૨} = ૨૬૫૬૮૦ \text{ પૌંડ.}$$

**દાખલો ૨૧.**—એક ચક્કર એટલે બહીલનું વજન ૨૦ પૌંડ છે અને તેની પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા ( રેડીઅસ ઓફ બાઇરેશન ) ૧ ફુટ છે; તે એક મીનીટમાં ૬૦ આંટા ફરે છે; તેની ધરીનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે અને ધર્મણનો ગુણક ( કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન ) .૦૫૮૯ છે; તો તે બહીલ એટલે ચક્કર ઉભું રહેવાની પૂર્વે કેટલા આંટા ફરશે ? જો ઉભું રહેવાની પૂર્વે તે બહીલ ૧૫ આંટા ફરે તો ધર્મણનો ગુણક ( કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન ) શોધો ?

$$\text{ફર સેકન્ડે બહીલનો વેગ (વેલોસીટી)} = \frac{૧ \times ૨ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૬૦}{૬૦}$$

$$= ૬.૨૮૩૨ \text{ ફુટ.}$$

ધારોકે,  $N$  = બહીલ ઉભું રહેવાની પૂર્વે ફરતા આંટાની સંખ્યા.

$$\text{એક આંટામાં ધરીની ચાલ} = \frac{૧ \times ૩.૧૪૧૬}{૧૨} \text{ ફુટ.}$$

$$\therefore N \text{ આંટામાં ધરીની ચાલ} = \frac{૧ \times ૩.૧૪૧૬ \times N}{૧૨} \text{ ફુટ.}$$

ધરીની બેરીઅમાં થતાં ધર્પણને લીધે નડતો

અવરોધ =  $R = 20 \times 0.04 \text{ પૌંડ}$ .

ધરીની જે સપાટી ઉપર ધર્પણ થાય છે તેની

$$\text{ચાલ} = l = \frac{1 \times 3.1815 \times N}{12} \text{ ફુટ}$$

$$R \times L = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\frac{20 \times 0.04 \times 1 \times 3.1815 \times N}{12} = \frac{20 \times 6.2832 \times 6.2832}{2 \times 32}$$

$$\therefore N = \frac{20 \times 6.2832 \times 6.2832 \times 12}{20 \times 0.04 \times 1 \times 3.1815 \times 2 \times 32} = 80 \text{ આંટા.}$$

આંટાની સંખ્યા ધર્પણના ગુણકનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે, માટે

$$14 : 80 :: 0.04 : \text{ધર્પણનો ગુણક}$$

$$\therefore \text{ધર્પણનો ગુણક} = \frac{80 \times 0.04}{14} = 2.2857$$

દાખલો ૨૨.—એક ફ્લાઇ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૯૮ આંટા ઉપરથી ૧૦૨ આંટા સુધી વધે છે તે દરમ્યાન તે ફ્લાઇ વ્હીલ પોતાની અંદર ૧૨૦૦૦ ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી કરે છે, તો જ્યારે તે ફ્લાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ?

ધારો કે,  $x$  = દર મીનીટે ૯૮ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઇનેટીક એનર્જી ફુટ-પૌંડમાં.

$\therefore x + 12000$  = દર મીનીટે ૧૦૨ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઇનેટીક એનર્જી ફુટ-પૌંડમાં.

$$x : (x + 12000) :: 98^2 : 102^2$$

$$x \times 102 \times 102 = (x + 12000) \times 98 \times 98$$

$$10404x = 9604x + 11424000$$

$$10404x - 9604x = 11424000$$

$$\therefore ૮૦૦x = ૧૧૫૨૪૮૦૦૦$$

$$\therefore x = \frac{૧૧૫૨૪૮૦૦૦}{૮૦૦}$$

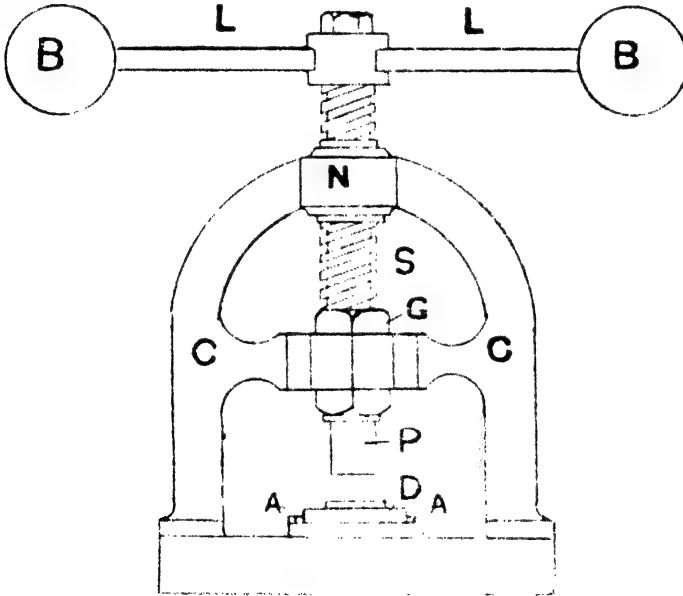
$$= ૧૪૪૦૬૦ \text{ યુટ-પૌંડ } ૯૯ \text{ આંટાની ઝડપે}$$

$$૯૯^૨ : ૧૦૦^૨ :: ૧૪૪૦૬૦ : \text{કાષ્ઠનેટીક એનર્જી}$$

$$\therefore \text{કાષ્ઠનેટીક એનર્જી} = \frac{૧૦૦ \times ૧૦૦ \times ૧૪૪૦૬૦}{૯૯ \times ૯૯}$$

$$= ૧૫૦૦૦૦ \text{ યુટ-પૌંડ}$$

ફલાઈ પ્રેસ (Fly Press).—આ યંત્રમાં ગતિમાન પદાર્થમાં એકઠું થતું કામ જે ખાસ હેતુ પાર પાડવા માટે લાગુ



આકૃતિ ૧

પાડવામાં આવે છે તેનો દાખલો મળે છે. દાખલો તરીકે, ચાંદ (medals), સીક્કા, વિગેરે ઉપર જોઈતી છાપ પાડવા માટે અથવા ધાતુનાં ઝડાં પત્રાં (પ્લેટ plates) માં પંચ વડે વેહ પાડવા માટે તે વપરાય છે. આકૃતિ ૧માં ફલાઈ પ્રેસનો એક આકાર બતાવ્યો છે, જે એક બીડનાં અંગ

(body) Cનો બનેલો છે જેનાં મથાળામાં નટ N રાખેલી છે જેમાં જડ ચોરસ બેવડા આંટાવાળો (સ્કવેર દબલ ટ્રેડ) સ્ક્રુ S કાર્ય કરે છે. આ સ્ક્રુ Sના ઉપલા છેડા ઉપર એક લોખંડનું લીવર L બેસાડેલું છે જેના દરેક છેડા ઉપર બીડના ભારે ગોળાઓ (balls) B જોડેલા છે. કારીગર આ દડાઓ અથવા ગોળાઓ ઉપર જોર લાગુ પાડી તેને ઘણી ત્વરિત ઝડપે ગોળ ફેરવે છે. સ્ક્રુ Sને માર્ગ પ્રદર્શન કરવા માટે તેની સાથે એક ચોરસ સળીયો G જોડેલો છે જે બીડનાં અંગ Cમાંથી પસાર થાય છે, અને સ્ક્રુ S આ G લાગથી સતત ફરે છે. આ સળીયા G સાથે પંચ P સજ્જડ કરવામાં આવે છે, જે પંચને ગમે તો આંટા પાડી Gમાં આંટાવાળો વેહ પુરો પાડી તેમાં સજ્જડ બેસાડવામાં આવે છે અથવા તો Gમાં સાદો આંટા વિનાનો વેહ પુરો પાડી તેમાં સેટ સ્ક્રુની મદદ વડે સજ્જડ પકડવામાં આવે છે. ડાઈ (die) D પ્રેસના પાયા (base) ઉપર રહે છે અને તેને સ્ક્રુઝ Aની મદદ વડે તેનાં સ્થાને ગોઠવવામાં આવે છે જેથી કરીને ડાઈમાંના વેહ સાથે બરાબર સીધી લીટીમાં પંચને લાવી શકાય છે. જ્યારે ફ્લાર્થ પ્રેસ પંચીંગ એટલે વેહ પાડવાનાં કામ માટે વપરાય છે ત્યારે તેને સીંગલ એટલે એકવાડા આર્મવાળો બનાવવામાં આવે છે, જેથી કરીને ધાતુની પહોળી પ્લેટ (એટલે જડાં પત્રાં) દબાવ કરી શકાય. પણ જ્યારે છાપ પાડવા માટે અથવા સીક્કા માટે તે વપરાય છે ત્યારે બીજી બાજુએ પણ આર્મ રાખવામાં આવે છે એટલે બેવડા આર્મવાળો બનાવવામાં આવે છે, જેથી પ્રેસનું બીડનું અંગ સ્ક્રુ Sની મધ્ય રેખાની બંને બાજુએ એકસરખું આવશે કે જેમ આકૃતિ ૧માં બતાવ્યું છે. આમ કરવાથી તેની મજબુતાઈ વધે છે. ફેટલીકવાર લીવર અને દડાઓને બદલે એક ભારે ફ્લાર્થ બ્લોક આપવામાં આવે છે, અને તે ઉપર ઘણાએક હાથાઓ રાખી તે ઉપર માણસો જોર લાગુ પાડે છે.



છાપ અથવા વેહ પાડવા માટે જોઈતાં દબાણનું કામ કરવા માટે જે શક્તિ મળે છે તે જ્યારે સ્ક્રુને ઘણી ત્વરથી ગોળ ફેરવવામાં આવે છે ત્યારે ભારે વજનના દડાઓ Bમાં અથવા ફલાઈ વ્હીલની રીમમાં એકઠી થયેલી શક્તિ છે, અને તે શક્તિ પ્લેટનો અથવા સીક્કાઓ, વિગેરેને છાપ મારવાનો અવરોધ દુર કરવામાં ખર્ચ થાય છે.

ધારો કે, R = વેહ પાડતી વેળા અથવા સીક્કા ઉપર છાપ પાડતી વેળા દુર કરવામાં આવતો અવરોધ પૌંડમાં જે પ્લેટની સઘળી જડાઈએ એક સરખો આવશે એમ માની લેવામાં આવે છે.

અને, l = ધાતુની અંદર પંચ અથવા ડાઈ જેટલી ધુસે છે તે ઉંડાઈ અથવા લંબાઈ ફુટમાં (આ બાબતમાં ધાતુની જે જડાઈમાં પંચ અથવા ડાઈ ઉતરે છે તે જડાઈ).

ત્યારે, થયેલું કામ =  $R l$  ફુટ-પૌંડ, અને દડાઓમાં એકઠી થયેલી શક્તિ એટલે કાંધનેટીક એનર્જી =  $\frac{Wv^2}{2g}$ , એમાં W = દડાઓનું વજન પૌંડમાં, અને v = દર સેકન્ડે દડાઓની ગતિ ફુટમાં.

$$\text{ત્યારે } R l = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\therefore R = \frac{Wv^2}{2gl}$$

**દાખલો ૨૩.**—એક ફલાઈ પ્રેસમાં લીવરને છેડે બેસાડેલા દરેક દડા (બોલ)નું વજન ૪૦ પૌંડ છે, અને તેને દર સેકન્ડે ૨૦ ફુટની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. જે પ્લેટમાં આરપાર વેહ પાડવાનો છે તેની જડાઈ ૩૦ ઇંચ છે અને પંચ કરવાના વેહનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, તો વેહ પાડતી વેળા નડતો સરેરાશ અવરોધ શોધો ?

અવરોધ દુર કરવામાં થતું કામ = દડાઓની કાંધનેટીક એનર્જી.

$$Rl = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$R \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{2 \times 40 \times 20 \times 20}{2 \times 32}$$

$$\therefore R = \frac{2 \times 40 \times 20 \times 20 \times 4 \times 12}{2 \times 32 \times 3 \times 1}$$

$$= \underline{6000 \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૪.—એક ફ્લાઈ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૫૦ પૌંડ છે, અને દડાઓમાં એકદું થયેલું કામ ૪૦૦ ફુટ-પૌંડ છે, તો તે દડાઓ કેટલી ઝડપે ફરે છે તે શોધો ?

$$Rl = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$400 = \frac{2 \times 50 \times v^2}{2 \times 32}$$

$$\therefore v^2 = \frac{400 \times 2 \times 32}{2 \times 50} = 256$$

$$\therefore v = \sqrt{256} = \underline{16 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

દાખલો ૨૫.—એક ફ્લાઈ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૩૨ પૌંડ છે અને તે દર સેકન્ડે ૨૫ ફુટની ઝડપે ફરી પ્લેટમાં વેલ પાડતી વેળા ૨૪૦૦૦ પૌંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો પ્લેટમાં પંચ કેટલી ઉંડાઈએ ઉઠાયો દશે ?

$$Rl = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$24000 \times l = \frac{2 \times 32 \times 25 \times 25}{2 \times 32}$$

$$\therefore l = \frac{2 \times 32 \times 25 \times 25}{2 \times 32 \times 24000}$$

$$= \frac{4}{6} \text{ ફુટ} = \underline{\frac{2}{3} \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૨૬.—એક ફલાઈ પ્રેસ ૩ ઇંચ જાડી નરમ પોલાદની પ્લેટમાં વેહ પાડવા માટે વપરાયો છે. જો કાપવા માટે જોઈતું જોર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦ ટન હોય તો તે પ્લેટમાં કેટલા ઇંચ વ્યાસનો વેહ પંચ વડે પાડી શકશે? દરેક દડાનું વજન ૨૫ પૌંડ છે જેને સ્ક્રુનાં મધ્યથી ૨૮ ઇંચ દુર લીવરને છેડે બેસાડેલા છે, અને તે દર મીનીટ ૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે; સ્ક્રુનો પીચ ૧ ઇંચ છે, અને પ્લેટના પહેલા ૬૬ ઇંચ સુધીમાં અવરોધ દુર કરવામાં આવે છે એમ માની લેવાનું છે.

$$\text{એક આંટામાં દડાની ગતિ} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૨૮}{૭ \times ૧૨} \text{ ફુટ.}$$

$$\text{એક મીનીટમાં દડાની ગતિ} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૨૮ \times ૫૦}{૭ \times ૧૨} \text{ ફુટ.}$$

$$\begin{aligned} \text{એક સેકન્ડમાં દડાની ગતિ} &= \frac{૨ \times ૨૨ \times ૨૮ \times ૫૦}{૭ \times ૧૨ \times ૬૦} \\ &= \frac{૧૧૦}{૬૩} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.} \end{aligned}$$

ધારોકે,  $D$  = વેહનો વ્યાસ ઇંચમાં.

વેહની ઉંડાઈ ૩ ઇંચ કાપવાની છે, માટે જે ભાગ ઉપર કાપવાનું જોર આવે છે તે ભાગનું ક્ષેત્રફળ = વેહનું પૃષ્ઠફળ =  $\frac{D \times ૨૨ \times ૩}{૭ \times ૮}$  ચોરસ ઇંચ.

$D'$  વ્યાસનો અને ૩ ઇંચ ઉંડો વેહ કાપવા માટે આવતું કુલ જોર =  $R = \frac{D \times ૨૨ \times ૩ \times ૨૦ \times ૨૨૪૦}{૭ \times ૮} = ૫૨૮૦૦ D$  પૌંડ.

$$Rl = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\frac{૫૨૮૦૦ D \times ૧}{૧૬ \times ૧૨} = \frac{૨ \times ૨૫ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦}{૨ \times ૩૨ \times ૬ \times ૬}$$

$$\begin{aligned} \therefore D &= \frac{૨ \times ૨૫ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦ \times ૧૬ \times ૧૨}{૨ \times ૩૨ \times ૬ \times ૬ \times ૫૨૮૦૦ \times ૧} = \frac{૨૭૫}{૬૪૮} \text{ ઇંચ.} \\ &= .૪૨૪ \text{ ઇંચ} = \frac{૩૭}{૮૮} \text{ ઇંચ લગભગ.} \end{aligned}$$

## એકસસાઈઝ ૨૭.

૧. ૫૦ પૌંડનાં વજનને ૪૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે, તો તેની પોટેન્શીઅલ એનર્જી શોધો? વળી તે વજન આ આપેલી ઉંચાઈએથી નીચે પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે તે શોધો અને તેમાં એકદું થયેલું કામ અથવા કાષ્ટ નેટીક એનર્જી શોધો?

૨. ૩ પૌંડનાં વજનનું હથોડીનું માથું દર સેકન્ડે ૫૦ ફુટની ઝડપે દાગીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે તો તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી હશે?

૩. ૪૦૦૦ ટનનું એક વહાણુ જ્યારે ૧૫ નોટની ઝડપે ચાલે છે ત્યારે તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી હશે?

૪. એક પદાર્થ જ્યારે દર સેકન્ડે ૧ ફુટની ઝડપે ચાલે છે ત્યારે તેમાં  $\frac{1}{2}$  ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી થાય છે, તો જ્યારે તે પદાર્થ દર સેકન્ડે ૮૦ ફુટની ઝડપે ચાલે ત્યારે તેમાં કેટલી શક્તિ એકઠી થશે?

૫. બે વરાળથી ચાલતા હથોડા (સ્ટીમ હેમર) જેમાંના એક જેનું વજન ૫ ટન છે તે દર સેકન્ડે ૧૦ ફુટની ઝડપે અને બીજો જેનું વજન ૧૦ ટન છે તે દર સેકન્ડે ૫ ફુટની ઝડપે એરણુ ઉપર આવી પડે છે, તો આ બે હથોડામાંના દરેક હથોડાના ફટકાની રિથિતિ સરખાવો?

૬. એક વરાળથી ચાલતો હથોડો (સ્ટીમ હેમર) જેનું વજન ૧૦ હેડ્રોવેટ છે તે ૮ ફુટની ઉંચાઈએથી લોખંડના દાગીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે અને તે જે લોખંડ ઉપર પડે છે તેને ૧ ઇંચ દબાવી દે છે, તો દબાવવાની ક્રિયા દરમિયાન તે લોખંડ ઉપર કરવામાં આવતું સરેરાશ જોર શોધો?

૭. એક બંદુકની ગોળી જેનું વજન ૨ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૨૦૦૦ ફુટની ઝડપે બંદુકની નળામાંથી બહાર નીકળે છે, તો તે ગોળીની કાઈનેટીક એનર્જી શોધો?

૮. એક ફલાઇ વ્હીલનો સરેરાશ વ્યાસ ૧૦ ફુટ છે અને તેની રીમનું વજન ૬ ટન છે. જો તે ફલાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી એકઠી થશે ?

૯. એક સ્ટીમ હેમરનાં માથાનું વજન ૮૦૦ પૌંડ છે અને તેને દરેક ફટકાની પૂર્વે દાગીનાની ઉપર ૪ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો જ્યારે તે હથોડાનું માગીનાની નજદીક આવી પડે તે વેળાએ તેની કાઇનેટીક એનર્જી કેટલી હશે ? એમ માની લેવાનું છે કે ધર્પણને લીધે થતી ખોટ ખીલકુલ નથી અને વરાળ માત્ર હથોડાનું માથું ઉપાડવા માટે વપરાય છે.

૧૦. જ્યારે એક મશીનની મેન શાફ્ટ (યંત્રને ચલાવનારી મુખ્ય શાફ્ટ) દર મીનીટે ૨૦૦ આંટા ફરે છે ત્યારે તે મશીનમાં ૨૦૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી થયેલી માલમ પડે છે. જો તે મશીનની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૯૨ આંટા થાય તો તે મશીને કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી ખોઈ હશે ?

૧૧. એક ફલાઇ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૬૦ પૌંડ છે, અને દડાઓમાં એકઠું થયેલું કામ ૧૦૦૦ ફુટ-પૌંડ છે, તો તે દડાઓ કેટલી ઝડપે ફરે છે તે શોધો ?

૧૨. એક ફલાઇ વ્હીલનું વજન ૨ ટન છે, અને તેની સરેરાશ રીમ દર સેકન્ડે ૫૦ ફુટની ઝડપે ફરે છે. જો તે વ્હીલ ૧૨૦૦૦ ફુટ-પૌંડ શક્તિ ખોઈ દે, તો તેની ફરવાની ઝડપમાં કેટલો ઘટાડો થશે ?

૧૩. એક પદાર્થ જેનું વજન ૨૦ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૮૦ ફુટની ઝડપે ચાલે છે અને તેને નડતો ૪ પૌંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો તે પદાર્થ વિશ્રામ સ્થિતિએ આવવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

૧૪. એક તોપના ગોળામાં દર સેકન્ડે ૨૪૦૦ ફુટની ઝડપે ૧૫૬૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ કાઇનેટીક એનર્જી છે. પાછળથી તેની ઝડપ ઘટીને દર સેકન્ડે માત્ર ૧૨૦૦ ફુટની થઈ, તો કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી તેણે ખોઈ હશે ?

૧૫. એક ટન વજનના વરાળથી ચાલતા હથોડાને દરેક ફટકાની પૂર્વે ૫ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો આ ઉપાડેલાં વજનમાં સમાયલી શક્તિ શોધો ? જો આ અંતરેથી તે હથોડો દાગીના ઉપર આવી પડે તો તે હથોડો દાગીનાની નજદીક આવી પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે ?

૧૬. સ્ટેશન નજદીક આવતાં જ્યારે વરાળને ટ્રેનનાં એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૩૫ માઈલ છે, તો સપાટ સડક ઉપર દોડતાં ૮૦૦ વારમાં તેને થોભાવવા માટે એક વડે દર ટન દીઠ કેટલા પૌંડનો ધર્ષણનો અવરોધ લાગુ પાડવો જોઈએ ? વળી તેટલાજ એક પાવરથી ૮૦એ ૧ની ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં અને તે ઉપરથી નીચે ઉતરતાં તે ટ્રેન કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

૧૭. એક ફ્લાઈ બ્લીકની રીમનું વજન એક ટન છે અને તેના જથ્થાના સરેરાશ સરળ વેગ (લીનીઅર વેલોસિટી) દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલું કામ એકઠું થાય છે ? જો તેમાં વધારાની ૪૪૮૦૦ ફુટ-પૌંડ જેટલી શક્તિ એકઠી કરવી હોય તો તેનો વેગ એટલે વેલોસિટી કેટલી વધારવી જોઈશે ?

૧૮. એક પૌંડ તોપના ગનપાઉદર (દારૂ)ની એકઠી થયેલી શક્તિ ૬૦ ફુટ-ટન છે, તો ૪ લૅન્ડવેટના એક તોપના ગોળાને દર સેકન્ડે ૧૫૦૦ ફુટની ઝડપે છોડવા માટે તોપના દારૂ એટલે ગનપાઉદરનો કેટલો જથ્થો જોઈશે ?

૧૯. દાખલા ૧૮માં આપેલી ઝડપે ૮૦ પૌંડ ગનપાઉદર એટલે દારૂના ચાર્જ (તોપમાં એકી વેળાએ સમાય એટલો દારૂનો જથ્થો) વડે કેટલા વજનનો ગોળો ફેંકી શકશે ?

૨૦. એક ફ્લાઈ પ્રેસમાં લીવરને છેડે બેસાડેલા દરેક દડાનું વજન ૫૦ પૌંડ છે અને તેને દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. જો પ્લેટમાં આરપાર વેદ પાડવાનો છે તેની જાડાઈ કે

ઇચ છે અને પંચ કરવાના વેહનો વ્યાસ ૭ ઇચ છે, તો વેહ પાડતી વેળા નડતો સરેરાશ અવરોધ શોધો ?

૨૧. એક રેલવે ટ્રેનનું વજન ૪૦ ટન છે, અને જ્યારે વરાળને એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તેની ઝડપ દર કલાકે ૩૦ માઈલ છે. જો ધર્મણનો ગુણક (કોઓશીશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન) ૦.૦૦૩ હોય તો સપાટ સડક ઉપર તે ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલે દુર ચાલી જશે ?

૨૨. એક એન્જીનનાં ફ્લાઇ વ્હીલની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટા ઉપરથી ૧૧૫ આંટા સુધી ઘટે છે તે દરમ્યાન તે ફ્લાઇ વ્હીલ ૧૦૦૦૦ ફુટ-પૉંડ શક્તિ ખોર્ષ દે છે, તો જ્યારે તે ફ્લાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૧૩૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ?

૨૩. એક પાઈલ ડ્રાઇવરનાં મંકીનું વજન ૧૩૬ ટન છે અને તે પાઈલ (ખુંટા) ઉપર દર સેકન્ડે ૬૦ ફુટની ઝડપે આવી પડે છે અને દરેક ફટકાએ પાઈલ (ખુંટા)ને જમીનમાં ૪ ઇંચ નીચે ઉતારે છે, તો પાઈલની ગતિને નડતો સરેરાશ અવરોધ શોધો ?

૨૪. એક લોકોમોટીવનાં ટેન્ડર સાથે જોડેલી એક ઉભી પાઈપને નીચે છેડેથી ચપટાં મોઢાં સાથના મોટા કડછાના આકારે બનાવેલી છે, અને તે સડક ઉપર મુકેલી પાણીથી ભરેલી પરનાળ (ટ્રોફ)માંથી પાણી ઉપાડી લે છે. જો એન્જીન અને ટેન્ડરની ઝડપ દર કલાકે ૨૪ માઈલ હોય તો તે ઉભી પાઈપમાં પાણી કેટલી ઉંચાઈએ ઉપર ચઢશે ?

૨૫. એક ફ્લાઇ વ્હીલ જેની રીમનું વજન ૧૩૬ ટન છે તે દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે અને તેની પરિરેખા એટલે રેડીઅસ ઓફ જનરેશન ૭ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી એકઠી થયેલી હશે ? જો રીમનું વજન બમણું કરીએ તો કાઇનેટીક એનર્જી કેટલી વધશે ? જો તેનું વજન અને ફરવાની

ઝડપ તેજ રાખી તેનો વ્યાસ બમણો કરીએ તો પહેલી બાબત સાથે સરખાવતાં આ બાબતમાં કામ પ્રમાણમાં કેટલું વધશે ? જો આંટા (રેવોલ્યુશન)ની સંખ્યા એટલે ફરવાની ઝડપ બમણી કરીએ તો જવાબ શું આવશે ?

૨૬. એક આગ હોલવવાના બંબા (ફાયર એન્જન ૫૨૫) સાથે એક નોઝલ પુરી પાડેલી છે જેનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. આ નોઝલ-માંથી પાણીને દર સેકન્ડે ૧૨૦ ફુટની ઝડપે ફેંકવામાં આવે છે, તો ચાલતા લાગોનાં ધણણથી થતી શક્તિની ખોટ ધ્યાનમાં ન લેતાં આ ૫૨૫ (બંબા)ને ચલાવવા માટે એન્જનના કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે ?

૨૭. એક શીઅરોંગ મશીનનું ફ્લાઇ વ્હીલ જ્યારે તે દર મીનીટે ૩૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે ત્યારે ૨૨૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ કાઇનેટીક એનર્જી પોતાની અંદર એકઠી કરે છે, તો દર મીનીટે ૨૨૫ આંટા સુધીના ઝડપના ઘટાડા દરમ્યાન તે કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી આપી દેશે ? જો આપી દેવામાં આવતી શક્તિના ૮૫ ટકા તે શીઅરોંગ મશીનને ૩ ઇંચના સ્ટ્રોક દરમ્યાન આપવામાં આવે તો તે મશીનની કાપનારી બ્લેડ એટલે પાના ઉપર તેને લીધે કેટલું સરેરાશ જોર આવશે ?

૨૮. એક વ્હીલ (ચક્કર)નું વજન ૩૦ પૌંડ છે અને તેની પરિરેખા એટલે રેડીઅસ આફ જનરેશન ૧૫ ઇંચ છે; તે એક મીનીટમાં ૮૦ આંટા ફરે છે; તેની ધરીનો વ્યાસ ૧૩ ઇંચ છે અને ધર્ણણનો ગુણક ૦.૦૫૫ છે, તો તે વ્હીલ ઉભું રહેવાની પૂર્વે કેટલા આંટા ફરશે ? જો ઉભું રહેવાની પૂર્વે તે વ્હીલ ૧૬ આંટા ફરે તો ધર્ણણનો ગુણક શોધો ?

૨૯. એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૪૦ પૌંડ છે અને તે દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે ફરી પ્લેટમાં વેહ પાડતી વેળા ૨૮૦૦૦ પૌંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો પ્લેટમાં પંચ કેટલી ઉડા-ધએ ઉતર્યા હશે ?



૩૦. એક એન્જનનાં ફ્લાઇ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૮૪ આંટા ઉપરથી ૯૦ આંટા સુધી વધે છે તે દરમ્યાન તે ફ્લાઇ વ્હીલ ૧૬૦૦૦ ફુટ-પૈંડ શક્તિ પોતાની અંદર એકઠી કરે છે, તો જ્યારે તે ફ્લાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૧૦૫ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ?

૩૧. એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૬૦ પૈંડ છે અને તેમની ફરવાની ઝડપ દર સેકન્ડે ૧૫ ફુટ છે. સ્ક્રુને છેડે બેસાડેલી ઝાંઝા સ્થિર રહેવાની પૂર્વે  $\frac{1}{8}$  ઇંચ ચાલે છે, તો જે ધાતુ ઉપર છાપ પાડવામાં આવી છે તે ધાતુ ઉપર કેટલું સ્થાઇ દબાણ આવ્યું હશે ?

૩૨. જ્યારે એક ટ્રેક્શન એન્જનનાં ફ્લાઇ વ્હીલની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટા ઉપરથી વધીને ૧૭૫ આંટા થાય છે ત્યારે (આખાં એન્જન તેમજ ફ્લાઇ વ્હીલની ગતિ ઉપરની) કાઇનેટીક એનર્જીમાં થતો વધારો ૩૦૦૦૦ ફુટ-પૈંડ થાય છે. જો ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૭૦ આંટા હોય તે વેળાએ એન્જનને ચલાવનાર જોર ઉપાડી લેવામાં આવે અને એન્જન અને તે સાથે જોડેલાં ટ્રક (ખુલ્લાં ગાડાં)નું વજન ૩૫ ટન હોય તથા સપાટ સડક ઉપર ચાલુ ધર્પણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૫ પૈંડ હોય તો તે એન્જન ઉભું રહેવાની પૂર્વે ૯૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર કેટલે દુર ચાલી જશે ?

૩૩. એક ફ્લાઇ પ્રેસ  $\frac{1}{2}$  ઇંચ જાડી લોખંડની પ્લેટમાં વેહ પાડવા માટે વપરાયો છે. જો કાપવા માટે જોઇતું જોર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૮ ટન હોય તો તે પ્લેટમાં કેટલા ઇંચ વ્યાસનો વેહ પંચ વડે પાડી શકાશે ? દરેક દડાનું વજન ૪૦ પૈંડ છે, જેમને લીવરને છેડે ૩૫ ઇંચની ત્રિજ્યાએ બેસાડેલા છે, અને તે દર મીનીટે ૫૫ આંટાની ઝડપે ફરે છે; સ્ક્રુનો પીચ  $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે અને પ્લેટના પહેલા ફુર્ર ઇંચ સુધીમાં અવરોધ દુર કરવામાં આવે છે એમ માની લેવાનું છે.

૩૪. એક વરાળથી ચાલતો હથોડો જેનાં માથાનું વજન ૪ ટન છે તે દર સેકન્ડે ૧૫ ફુટની ઝડપે એરણ ઉપર મુકેલા લોખંડના દાગીના ઉપર આવી પડે છે, અને તે દાગીનાને કે ઇંચ દબાવી દે છે, તો દબાવવાની ક્રિયા દરમિયાન તે દાગીના ઉપર કેટલું સરેરાશ સ્થાપિત દબાણ આવશે ?

૩૫. એક ફ્લાઈ વ્હીકલનું વજન ૨ ટન છે અને તેની પરિરેખા (રેડીઅસ ઓફ જનરેશન) ૯ ફુટ છે; તે દર મીનીટ ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ? જો આ ફ્લાઈ વ્હીકલને એકાએક એનજીનથી છુટું (દીકું) કરવામાં આવે અને દરેક આંટામાં ધર્મણ દુર કરવામાં વ્યર્થ જતી શક્તિ ૨૫૦૦ ફુટ-પૌંડ છે એમ આપણે જાણતા હોઈએ, તો તે ફ્લાઈ વ્હીકલ કેટલા આંટામાં ઉભું રહી જશે ?

૩૬. ૨૫ ફુટ ઉંચાઈએથી નીચે પડતા ૧૮૦૦ પૌંડનાં એક વજન વડે ૧૦ ઇંચ વ્યાસના અને ૧૬ ફુટ લાંબા એક પાઈલિ (ખુંટા) ઉપર ફટકા મારવામાં આવે છે, અને દરેક ફટકાએ તે ૧ ઇંચ નીચે ઉતરે છે, તો ફટકાનું જોર શોધો ? જો ફટકાની સધળી શક્તિ પાઈલિની ફરતી જાણુ ઉપરનાં ધર્મણમાં ખર્ચ થાય છે, તો દર ચોરસ ફુટ દીક તે જાણુ ઉપરનો ધર્મણનો અવરોધ શોધો ?

૩૭. એક લોકોમોટીવ અને તેની સાથે જોડેલી ટ્રેનનું વજન ૫૦ ટન છે અને તે સ્થઈ સ્થિતિ ઉપરથી ૭ માઇલ સુધીની ૨૦૦ એ ૧ની ઢાળવાળી સડક ઉપરથી નીચે ઉતરે છે. જો એમ ધારવામાં આવે કે ટ્રેનને તેનાં વજન શિવાય કાંઈ પણ અવરોધ નડતો નથી અને તેનાં પોતાનાં વજન શિવાય કાંઈ પણ વડે તેની ઝડપમાં વૃદ્ધિ થતી નથી, તો દર સેકન્ડે તેની ગતિનો વેગ એટલે કે વેલોસીટી અને વેગમાન (મોમેન્ટમ) શોધો, અને વળી તે ઢાળની તળેટીએ તેની કાઇનેટીક એનર્જી શોધો ?

૩૮. ૨૦ ફુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડતા એક ટનનાં વજનના રેમ અથવા મંકી વડે પાઈલિ (ખુંટા)ને જમીનમાં નીચે ઉતારવામાં ખર્ચ થતી શક્તિની ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડતાં ૨ ટનનાં વજનની શક્તિ સાથે સરખામણી કરો. જો રેમ અથવા મંકીના એક ફટકા વડે પાઈલિ (ખુંટા) ૯ ઇંચ જમીનમાં ઉતરે તો તેની ગતિની સામે નડતો સરેરાશ અવરોધ કેટલો હશે ?

૩૯. જ્યારે ટ્રેન ઝડપી ચાલે દોડે છે ત્યારે ટેન્ડરમાં આપેલી ઉભી પાઈપ તેને નીચલે છેડે બનાવેલા મોટા કડછા (સ્કુપ scoop) વડે સડક ઉપર રેલવેના પાટાઓની વચ્ચે મુકેલી પાણીથી ભરેલી પરનાળમાંથી ટેન્ડરમાં પાણી ઉપાડતી વેળા તે પાણી ઉભી પાઈપમાં ૯ ફુટ ઉંચાઈએ ચઢે છે, તો આ ઉંચાઈએ પાણી ઉપાડતી વેળા તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે કેટલા માઈલિ હશે ?

૪૦. ૧૬ પૌંડનાં વજનનો એક ગોળો દર સેકન્ડે ૧૦૦૦ ફુટની ઝડપે ચાલી ૦૦૦૩ સેકન્ડમાં લોખંડની એક પ્લેટમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે તેની ઝડપ ઘટીને દર સેકન્ડે ૧૬૦ ફુટની થાય છે, તો પ્લેટમાંથી પસાર થતાં થયેલું કામ શોધો અને પ્લેટની જડાઈ શોધો ? વળી પ્લેટમાંથી પસાર થતી વેળા તેનું સરેરાશ જોર શોધો ?

૪૧. એક હથોડી જેનું વજન ૨ પૌંડ છે તે એક ખીસો ઢોકવા માટે વપરાય છે. ફટકા મારતી વેળા તેની ઝડપ દર સેકન્ડે ૧૬ ફુટ છે. દરેક ફટકાએ ખીસો લાકડાંમાં ૩૬ ઇંચ ધુસે છે, તો ખીસાનાં માથાં ઉપરનું સરેરાશ દબાણ શોધો ?

૪૨. એક ટ્રેન જેનું વજન ૧૫૦ ટન છે તે દર કલાકે ૩૦ માઈલિની ઝડપે દોડે છે. અમુક સ્થાને વરાળને દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવે છે અને એક લાગુ પાડવામાં આવે છે. એક વડે સપાટ સડક ઉપર તે ટ્રેન ૩૦૦ વાર જેટલું અંતર ચાલી ઉભી રહે છે, પણ તે ટ્રેન ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર છે, તો (૧) જો તે ટ્રેન તે ઢાળ ઉપર ચઢે તો કેટલું અંતર ચાલી ઉભી રહેશે, અને (૨) તે ઢાળ ઉપરથી નાચે ઉતરે તો કેટલું અંતર ચાલી ઉભી રહેશે ?

## પ્રકરણ ૩૭

ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ એટલે સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ.

સેન્ટ્રીપેટલ ફોર્સ (મધ્યપ્રેરક બળ) અને સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ).—જ્યારે એક પદાર્થ (જેવો કે પથ્થર)ને એક દોરી સાથે બાંધી તેને વર્તુલમાં ગોળ અને ગોળ ફેરવવામાં આવે ત્યારે હાથને દોરીની દીશામાં ખેંચાણ લાગશે, જે દોરી જોરનાં કાર્યને લીધે ખેંચાણમાં છે. પદાર્થને જેમ વધુ અને વધુ ઝડપે ફેરવવામાં આવે તેમ દોરી ઉપર વધુ અને વધુ ખેંચાણનું જોર આવે છે. તે પદાર્થ સ્પર્શ રેખાની દિશામાં ઉડી જવાનું ચાલુ વલણ કરે છે, અને તેને ગતિનાં મધ્યબિંદુ તરફ ખેંચી રાખતાં પ્રતિકાર્ય વડે માત્ર ગોળાકાર માર્ગમાં ફરતો રાખવામાં આવે છે. ગતિનાં મધ્યથી દુર ઉડી જવાનું ખેંચાણ કરનારાં જોરને “સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ” એટલે “ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ” કહે છે, અને તેનાંથી ઉલટી દિશાનું પ્રતિકાર્ય જે પદાર્થને ગતિનાં મધ્યબિંદુ તરફ ખેંચી રાખે છે તેને “સેન્ટ્રીપેટલ ફોર્સ” એટલે “મધ્યપ્રેરક બળ” કહે છે. આ બન્ને જોરો સરખાં છે અને એક બીજાંથી ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરે છે. એ તો દેખીતું છે કે જે દોરીને છોડી દેવામાં આવે તો આ જોરો ચાલુ રહેતાં બંધ થશે અને પદાર્થ વર્તુલની સ્પર્શ રેખાના માર્ગમાં ચાલી જશે.

જ્યારે એક નાનો પદાર્થ દર સેકન્ડે ૭ ફુટની એક સમાન ઝડપે ૪ ફુટની ત્રિજ્યાનાં વર્તુલના પરિઘમાં ચાલે છે ત્યારે તે વર્તુલનાં

મધ્યબિંદુ તરફની ગતિની નિયંત્રિત વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન હોય છે જેને સેન્ટ્રીપેટલ એક્સેલરેશન કહે છે અને તે નીચે પ્રમાણે છે:—

$$\text{મધ્યગ્રેરક પ્રવેગ એટલે સેન્ટ્રીપેટલ એક્સેલરેશન} = a = \frac{v^2}{r}$$

કુટ દર સેકન્ડ દીઠ દરેક સેકન્ડમાં.

આ સેન્ટ્રીપેટલ એક્સેલરેશન ઉત્પન્ન કરવાને માટે વર્તુલનાં મધ્ય-બિંદુ તરફ ચાલુ દોરવતું સમાન જોર  $F$  લાગુ પાડવું જોઈએ જે નીચે પ્રમાણે છે:—

$$F = \frac{W a}{g}$$

$$\text{પણ } a = \frac{v^2}{r} \text{ છે,}$$

$$\text{માટે } F = \frac{W v^2}{g r} \text{ પૌંડ.}$$

આ જોર પદાર્થનું જડત્વ દુર કરે છે કે જે પદાર્થ નહિતર સીધી લીટીનો માર્ગ ગ્રહણ કરતે, અને આ જોરને સેન્ટ્રલ ફોર્સ (મધ્યનું જોર) અથવા સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્ય ગ્રેરક બળ) કહી શકાય.

$$\text{ત્યારે સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{W v^2}{g r}$$

**દાખલો ૧.**—૧૫ પૌંડનાં વજનને ૩ ફુટ લાંબી દોરી સાથે આંધી તેને દર સેકન્ડે ૮ ફુટની ઝડપે વર્તુલમાં ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, તો ગતિનાં મધ્યબિંદુ ઉપર કાર્ય કરતું ઉન્મધ્ય ગ્રેરક બળ (સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ) એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો દોરી ઉપરનું તાણ શોધો ?

$$\text{સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{W v^2}{g r} = \frac{૧૫ \times ૮ \times ૮}{૩૨ \times ૩} = \underline{૧૦ \text{ પૌંડ.}}$$

**દાખલો ૨.**—૩ પૌંડનાં વજનને દોરીના એક છેડા સાથે બાંધી તે દોરીના બીજે છેડા હાથમાં પકડી તેને ૪ ફુટ વ્યાસનાં વર્તુલ માર્ગમાં દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, તો તે દોરી ઉપર આવતું તોડી નાંખનારું જોર શોધો ?

તોડી નાંખનારું જોર = ઉન્મધ્ય પ્રેરક બળ (સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ)

એક આંટામાં વેગ (વેલોસિટી) =  $4 \times 3.1416$  ફુટ

એક મીનીટમાં વેગ (વેલોસિટી) =  $4 \times 3.1416 \times 100$  ફુટ

એક સેકન્ડમાં વેગ (વેલોસિટી) =  $\frac{4 \times 3.1416 \times 100}{60}$

=  $20.684$  ફુટ

સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ =  $\frac{Wv^2}{gr}$

=  $\frac{3 \times 20.684 \times 20.684}{32 \times 4} = 10.24$  પૌંડ

**દાખલો ૩.**—એક દોરીથી બાંધેલી નાની પત્રાંની બાલદો જેને પાણીથી અર્ધાં ભરેલી છે અને જેનું વજન ૨ પૌંડ છે તેને ઉભાં વર્તુલમાં ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. જે તમારા હાથથી અથવા ગતિનાં મધ્યબિંદુથી પાણીની સપાટી મુધીનું અંતર ૩ ફુટ હોય, તો તે બાલદોમાંનું પાણી જરા પણ ઢોળાઈ ન જાય તે માટે દર મીનીટે ઓછામાં ઓછા કેટલા આંટાની ઝડપે ફેરવવી જોઈશે ?

સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ વજનનાં સીધાં પ્રમાણમાં છે, માટે અહિંયા ઓછામાં ઓછો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ વજનની બરાબર હોવો જોઈએ માટે અહિંયા સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ = ૨ પૌંડ લખશું.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ =  $\frac{Wv^2}{gr}$

$2 = \frac{2 \times v^2 \times 4}{32 \times 24}$

$\therefore v^2 = \frac{2 \times 32 \times 24}{2 \times 4} = 100$

## ફરતા પદાર્થમાં સમતોલપણાની ગરહાજરી ૬૫

$$\therefore v = \sqrt{100} = 10 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{દર મીનીટે વેગ એટલે ઝડપ} = 10 \times 60 = 600 \text{ ફુટ.}$$

ધારો કે  $R$  = દર મીનીટે બાલદીના ફરવા જોડતા આંટાની સંખ્યા.

$$\text{એક આંટામાં બાલદીની ઝડપ} = \frac{24 \times 22}{8 \times 19} = \frac{294}{24} \text{ ફુટ.}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં બાલદીની ઝડપ} = \frac{294}{24} \times R$$

$$\therefore 600 = \frac{294 \times R}{24}$$

$$\therefore R = \frac{600 \times 24}{294}$$

$$= 49 \text{ આંટા દર મીનીટે}$$

ફરતા પદાર્થોમાં સમતોલપણાની ગરહાજરીને લીધે સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્યગ્રેરક બળ)ની અસર.—બેરીંગો તરીકે બે હુક ઉપર શુદ્ધ રીતે ટેકવેલી એક ધરી ઉપર શુદ્ધ રીતે બેસાડેલી એક લાકડાંની ડીસ્ક એટલે ચંદ્રો આપણે લઈએ, જે ડીસ્ક ધરી સાથે આ હુક ઉપર કશાં પણ કંપન અથવા આચ્ચકા રહિત ઘણી ઝડપે છુટથી ફરી શકે એવી છે. હવે તે ડીસ્કમાં તેના પરિઘની નજદીક એક આરપાર વેહ પાડી તેમાં સીસાંનો બુચ ઠોકીશું, અને સાર બાદ તે ડીસ્કને ઝડપથી ફેરવીશું તો તે ડીસ્ક એટલી બધી અનિયમીતપણે ફરતી માલમ પડશે કે પોતાને હુકની બેરીંગોની લગભગ બહાર હલાવી નાંખશે.

સમતોલ નહીં થયલા સીસાંના બુચને લીધેનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ પોતાનો હક એટલો બધો સંપૂર્ણ રીતે સિદ્ધ કરે છે કે જ્યારે ધરીની આસપાસ તેના આંટા (રેવોલ્યુશન)ની સંખ્યાનાં સૌથી ઉંચ સ્થાને પહોંચે છે ત્યારે ગુરુત્વાકર્ષણ દુર કરે છે અને ધરી સાથે આખી ડીસ્ક (ચંદ્ર)ને બેરીંગોની તદ્દન બહાર ઉંચકી કાઢે છે.

હવે, આગલો વેહ ધરીથી જોટલા અંતરે આવેલો છે તેટલાજ અંતરે અને તેની તદન સામી બાજુએ તે ડીસ્કમાં તેટલાજ વ્યાસનો એક બીજો વેહ પાડી તેટલા વજનનો સીસાનો બીજો બુચ તેમાં ઠોકીશું અને ત્યાર બાદ તે ડીસ્કને ઝડપથી ફેરવીશું તો તે સરળતાથી ફરતી માલમ પડશે ત્યાં ઉપરથી આપણને માત્ર સમતોલપણાની ગેરહાજરીને લીધેના સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઇન્મધ્યપ્રેરક બળ)ની અસરજ માલમ પડશે એટલુંજ નહીં પણ તે ખામી કેવી રીતે સુધારવી તેનો વિચાર આપશે.

એજ પ્રમાણે ઉંચ ઝડપે ચાલતાં યંત્રોમાં ગોળ ફરતા જથ્થા વડે ઉત્પન્ન થતા સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સની અસર ઘણી હાનિકારક હોય છે જે અવ્યવસ્થા ઉત્પન્ન કરે છે જેથી ટુંક વખતમાં બેરીંગો ગરમ થઈ ધસાઈ જાય છે અને મશીનના ભાગો ઢોકાઈને ટુકડા થવાનો સંભવ રહે છે.

ઉંચ ઝડપે ચાલતાં યંત્રોને સમતોલ કરવા વિષે.— ઉપર દર્શાવેલાં કારણને લીધે ઉંચ ઝડપે ચાલતાં સધળાં યંત્રો પછી ગમે તો તેઓ ગોળ ફરીને ચાલતાં હોય અથવા આમતેમ ચાલતાં હોય તેમને જેમ અને તેમ ઘણાજ સંભાળ ભરેલી રીતે સમતોલ કરવાં જોઈએ, જેથી સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ કાર્ય કરતો અટકે અને ભયંકર પ્રકારનું કંપન અને અવાજ જે હમેશાં થોડે ઘણે અંશે સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ સાથે થાય છે તે ઉત્પન્ન થતો અટકે. સમતોલ નહીં થયલા ચાલતા ભાગોથી બેરીંગો એટલી બધી ગરમ થાય છે અને બ્રાસ (brasses) તથા બીજી લાગમાં રહેતી સપાટીઓ (બેરીંગ સર્ફેસીસ) એટલી બધી જલદી ધસાઈ જાય છે કે તેટલી કોઈ બીજાંથી ગરમ થતી નથી અને ધસાતી નથી. એ ઉપરાંત અતિ ઉંચ ઝડપે તેઓ ખરેખર ભયંકર બને છે અને વારંવાર જન માલનો નાશ થવાના દાખલા મળે છે.



## ઉંચ ઝડપે ચાલતાં યંત્રોને સમતોલ કરવા વિષે ૬૭

**દાખલો ૪.**—દર મીનીટે ૧૮૦૦ આંટાની ઝડપે ચાલતાં એક યંત્રમાં ૧ ફુટની ત્રિજ્યાએ ૧ પૌંડનો નહિ સમતોલ થયેલો જથ્થો છે, તો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બેરોગો ઉપરનું ખેંચાણ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{દર સેકન્ડે ઝડપ (વેલોસિટી)} &= \frac{2 \times 22 \times 1 \times 1800}{7 \times 60} \\ &= \frac{1320}{7} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} &= \frac{Wv^2}{gr} \\ &= \frac{1 \times 1320 \times 1320}{7 \times 7 \times 32 \times 1} = 1111.2 \text{ પૌંડ} \end{aligned}$$

**દાખલો ૫.**—૩ ફુટ વ્યાસનું એક પૈંડું દર મીનીટે ૨૧૦ આંટાની ઝડપે દોડે છે. તેની રીમના એક ભાગ ઉપર ૩ પૌંડનું વજન મુકવાથી તે બરાબર ટુ (true) ફરતું નથી, તો આ વજનને લીધે તે બ્લીકનાં મધ્યબિંદુ ઉપર આવતું ખેંચાણ શોધો ?

$$\text{દર સેકન્ડે ઝડપ (વેલોસિટી)} = \frac{3 \times 22 \times 210}{7 \times 60} = 33 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$\text{સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr} = \frac{3 \times 33 \times 33 \times 2}{32 \times 3} = 66 \text{ પૌંડ.}$$

**દાખલો ૬.**—એક ડીસ્ક (ચંદો) એક શાફ્ટ ઉપર ૧૨૦ વખત ફરે છે. ૫ પૌંડનાં વજનની એક લોખંડની પીન ૧૨ ઇંચની ત્રિજ્યાએ ડીસ્કમાંથી બહાર નીકળેલી છે, તો તે પીનને સમતોલ કરવાને માટે ૪ ઇંચની ત્રિજ્યાએ કેટલો જથ્થો જોઈશે ?

$$\begin{aligned} ૫ \text{ પૌંડની લોખંડની પીનની ઝડપ દર સેકન્ડે} &= \frac{2 \times 22 \times 12 \times 120}{12 \times 7 \times 60} \\ &= 66 \text{ ફુટ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{સમતોલ કરવા માટે જોઈતા જથ્થાની ઝડપ દર સેકન્ડે} &= \frac{2 \times 22 \times 4 \times 120}{7 \times 12 \times 60} \\ &= 26 \text{ ફુટ.} \end{aligned}$$

૫ પૌંડનાં વજનથી ઉત્પન્ન થતો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ = તેને સમતોલ કરવા માટે જોઈતો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ.

$$\therefore \frac{૫ \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨}{૭ \times ૭ \times ૩૨ \times ૧૨} = \frac{W \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨}{૨૧ \times ૨૧ \times ૩૨ \times ૪}$$

$$\therefore W = \frac{૫ \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨ \times ૨૧ \times ૨૧ \times ૩૨ \times ૪}{૭ \times ૭ \times ૩૨ \times ૧૨ \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨} = ૧૫ \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૭.—૨ ફુટ વ્યાસની અને ૨ ઇંચ જાડી એક બીડની ડીસ્ક (ચંદો) એક ધરી ઉપર ફરે છે, જે ધરીનું મધ્ય ડીસ્કનાં મધ્યથી ૩ ઇંચ દુર છે, તો દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે તે ધરી ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?

$$\text{ડીસ્કનું ધનમાપ} = \frac{૨ \times ૨ \times ૩.૧૪૧૫ \times ૨}{૧૨} = ૨.૫૨૩૬ \text{ ધનફુટ.}$$

એક ધનફુટ બીડનું વજન = ૪૫૦ પૌંડ.

$$\therefore \text{ડીસ્કનું વજન} = ૨.૫૨૩૬ \times ૪૫૦ = ૨૩૫.૬૨ \text{ પૌંડ.}$$

ડીસ્કની ધાતુનો જથ્થો ધરીનાં મધ્યથી ૩ ઇંચ દુર આવેલો છે એમ લઈએ, ત્યારે તે જથ્થાની ઝડપ (વેલોસિટી) દર સેકન્ડે =

$$= \frac{૨ \times ૩.૧૪૧૫ \times ૩ \times ૧૦૦}{૧૨ \times ૬૦} = ૨.૬૧૮ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

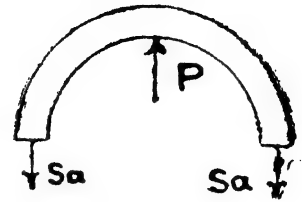
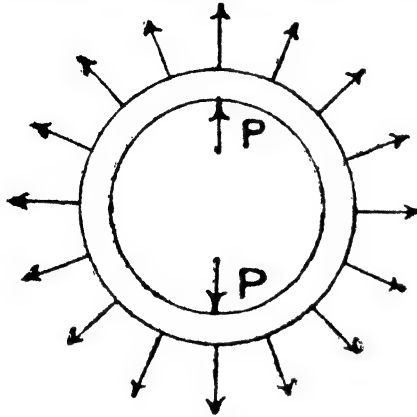
$$\text{ધરી ઉપરનું ખેંચાણ} = \text{સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{r} =$$

$$= \frac{૨૩૫.૬૨ \times ૨.૬૧૮ \times ૨.૬૧૮ \times ૧૨}{૩૨ \times ૩} = ૨૦૧.૮ \text{ પૌંડ.}$$

ફ્લાઈ વ્હીલમાં સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સને લીધે તૂટી જવાની અસર.—ફ્લાઈ વ્હીલો યોજતી વેળાએ સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સની અસરો પણ ધ્યાનમાં લેવાની છે, કારણ કે તેને લીધે જ્યારે ફ્લાઈ વ્હીલ ગોળ ફરે છે ત્યારે તેની રીમ ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે. આકૃતિ ૨માં ગોળ ફરતાં ફ્લાઈ વ્હીલની રીમ બતાવી છે. રીમમાંની ધાતુનો દરેક ટુકડો આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મધ્યબિંદુ તરફથી દોરવાતો

## ફલાઈ વ્હીલમાં સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની અસર ૬૯

સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ રીમમાં ઉત્પન્ન કરશે. આ બાબત અંદરનાં દબાણને



આકૃતિ ૨.

આકૃતિ ૩.

આધિન રહતાં બોયલરનાં નળાકાર શેલ (shell = પ્લેટનું બનેલું બોયલરનું બહારનું કોટલું)ને મળતી છે અને તેની આપણે તેજ પ્રમાણે ચર્ચા કરીશું.

ધારો કે,  $W$  = દર ફુટ પરિધ દીઠ રીમમાં સમાયતી ધાતુના જથ્થાનું વજન પૌંડમાં.

$v$  = દર સેકન્ડે રીમની ઝડપ ફુટમાં.

$r$  = રીમની સરેરાશ ત્રિજ્યા ફુટમાં.

ત્યારે, દર ફુટ પરિધ દીઠ સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ =  $\frac{Wv^2}{gr}$  પૌંડ.

બોયલરમાંના દાખલામાં બોયલરને તેની લંબાઈની દિશામાં ફાડી નાંખનારું કુલ દબાણ એક ફુટ લંબાઈ દીઠ ( $p \times d \times 1$ ) પૌંડ હોય છે તેને મળતો અર્ધ ફલાઈ વ્હીલ માટેનો લબ્ધ (રીજલ્ટન્ટ) સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ નીચે પ્રમાણે થશે:—

રીમને તોડી નાંખવાનું વજન કરતો લબ્ધ એટલે રીજલ્ટન્ટ

$$\begin{aligned} \text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = P &= \frac{Wv^2}{gr} \times 2r \times 1. \\ &= \frac{2Wv^2}{g} \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

ધારો કે,  $\alpha$  = રીમનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં,  
અને,  $S$  = રીમનાં છેદચિત્ર  $\alpha$  ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ  
ખેંચાણનું જોર એટલે ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ.

ત્યારે  $P = 2 \delta x$  ( જુઓ આકૃતિ ૩. )

$$\text{અથવા, } \frac{2Wv^2}{g} = 2 \delta \alpha$$

$$\therefore S = \frac{Wv^2}{g\alpha} \text{ પૌંડ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ.}$$

આ ધ્યાનમાં રાખવું જોઈએ કે દર ફુટ લંબાઈ દીઠ રીમમાં  
સમાયલી ધાતુના જથ્થાનું વજન  $W$  = દર ધનફુટ દીઠ રીમની ધાતુના  
જથ્થાનું વજન  $\times$  રીમનું ધનમાપ.

$$\therefore W = \text{દર ધ. ફુ. દીઠ રીમની ધાતુના જથ્થાનું વજન} \times \frac{\alpha}{144} \times 1$$

$$\begin{aligned} \therefore S &= \frac{\text{દર ધ. ફુ. દીઠ રીમનું વજન} \times \alpha \times v^2}{144 \times g\alpha} \text{ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ.} \\ &= \frac{\text{દર ધ. ફુ. દીઠ રીમનું વજન} \times v^2}{144 \times g} \text{ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ.} \end{aligned}$$

આ સમીકરણ ( ઇક્વેશન ) ઉપરથી માલમ પડે છે કે “ સેન્ટ્રિ-  
ફ્યુગલ ફોર્સને લીધે આવતું ખેંચાણનું જોર ( ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ ) રીમનાં  
છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળથી અને ફલાઈ વ્હીલની ત્રિજ્યાથી સ્વતંત્ર છે. ”

દાખલો ૮.—એક ખીડનાં વ્હીલની રીમ દર સેકન્ડે ૧૦૦  
ફુટની ઝડપે ફરે છે. જો રીમમાં સમાયલી ધાતુનો જથ્થો દર ધન  
ફુટ દીઠ ૪૪૮ પૌંડ હોય તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે આવતું  
ખેંચાણનું જોર ( ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શોધો ?

$$\begin{aligned} \text{દર ચો. ઇંચ દીઠ ખેંચાણનું જોર} &= S = \\ &= \frac{\text{દર ધન ફુટ દીઠ રીમનું વજન} \times v^2}{144 \times g} \\ &= \frac{448 \times 100 \times 100}{144 \times 32} = \underline{\underline{609.2 \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}}} \end{aligned}$$

## ફલાઈ વહીલના આરામાંનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ ૭૨

દાખલો ૯.—એકજ દુકડેની નક્કર રીમવાળું એક ખીડનું વહીલ (ચક્કર) જેની ધાતુનું વધુમાં વધુ ખેંચાણનું જોર (ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેંથ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮ ટન છે તે ધીમે ધીમે વધતી ઝડપે ફરે છે, તો જ્યારે વહીલ તૂટી જાય ત્યારે રીમની ઝડપ દર સેકન્ડે કેટલા ફૂટ હશે ?

દર ચો. ઇંચ દીઠ ખેંચાણનું જોર =  $S =$

$$= \frac{\text{દર ઘ. ફૂટ દીઠ રીમનું વજન} \times v^2}{188 \times g}$$

વહીલ ખીડનું ખતેલું છે, અને એક ઘનફૂટ ખીડનું વજન ૪૫૦ પાઉંડ છે.

$$\therefore S = \frac{450 \times v^2}{188 \times 32}$$

$$8 \times 2240 = \frac{450 \times v^2}{188 \times 32}$$

$$\therefore v^2 = \frac{8 \times 2240 \times 188 \times 32}{450} = 163400.6$$

$$\therefore v = \sqrt{163400.6} = 404.23 \text{ ફૂટ દર સેકન્ડે.}$$

ફલાઈ વહીલના આરાઓમાંનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ.—

જો ફલાઈ વહીલ અથવા પુલીના આરાઓ ગેળ ફરતી રીમના જથ્થાને લીધેના સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સની સામે ટકી રહેવાને બરાબર પ્રમાણમાં ન હોય, અથવા જો ઓતક્રમને સંભાળ ભરેલી રીતે હંડુ કરવામાં ન આવ્યું હોય કે જેથી આરાઓ અને ખોસ અથવા રીમ વચ્ચે અંદરનાં જોરો ઉત્પન્ન થાય, તો વહીલ અથવા પુલી ભાંગી જશે. ખેશક, કોઈ પણ ફલાઈ વહીલ અથવા પુલી જો તેને અતિશય ઝડપે ચલાવવામાં આવે તો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સનાં અતિશય જોર વડે ભાંગી ન જાય એવી બનાવી શકાતી નથી. સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સની ફોર્મ્યુલા (સૂત્ર) ઉપરથી જોતાં માલમ પડશે કે ફલાઈ વહીલના આરામાંનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ અથવા જોર ગતિના વેગ (વેલોસિટી)ના વર્ગનાં સીધા

પ્રમાણમાં છે, તેથી દર મીનીટ આંટાની સંખ્યા માત્ર બમણી કરવાથી આરામાંનું જોર ચારગણું થાય છે, અને જો ઝડપને ત્રણગણી વધારવામાં આવે તો જોર નવગણું થાય છે.

**દાખલો ૧૦.**—એક સેગમેન્ટલ ફ્લાર્ઈ બ્હીલ જે દર મીનીટ ૪૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેની રીમ ટુકડે ટુકડે બનાવેલી છે. દરેક ટુકડા એટલે સેગમેન્ટને આરાઓ સાથે જોડેલા છે. દરેક ટુકડાનું વજન તેના આરા સાથે ૩૫૦૦ પૌંડ છે, અને આ ભાગનો જથ્થો ફ્લાર્ઈ બ્હીલની ધરીનાં મધ્યાબિદુથી ૮ ફુટનાં અંતરે એકઠો થયેલો છે એમ લઈએ તો રીમનાં સેગમેન્ટ અને આરાને બ્હીલના બોસ (boss = બ્હીલનાં મધ્યનો જડો ભાગ જેમાં ધરી બેસાડવામાં આવે છે તે) માંથી બહાર ખેંચી કાઢવાનું વલણ કરતું જોર કેટલું હશે ?

રીમ અને આરાના જથ્થાની ગતિનો વેગ (વેલોસિટી)

$$\text{દર સેકન્ડે} = \frac{2 \times 22 \times 2 \times 40}{9 \times 60} = \frac{908}{21} \text{ ફુટ}$$

બ્હીલના બોસમાંથી રીમનાં સેગમેન્ટ અને આરાને બહાર ખેંચી

$$\begin{aligned} \text{કાઢનારું જોર} &= \frac{Wv^2}{gr} \\ &= \frac{3500 \times 908 \times 908}{21 \times 21 \times 32 \times 2} = \underline{14364 \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૧.**—એક સેગમેન્ટલ ફ્લાર્ઈ બ્હીલની રીમના દરેક સેગમેન્ટ (ટુકડા)નું વજન તેને જે આરા સાથે જોડેલો છે તે સાથે ૧૬૦૦ પૌંડ છે અને તે જથ્થો તે બ્હીલની ધરીનાં મધ્યાબિદુથી ૫ ફુટ દુર એકઠો થયેલો છે એમ લેવાનું છે. જો દરેક આરા (આર્મ)ને તોડી નાંખનારું જોર (એક્ટીંગ સ્ટ્રેસ) ૧૨૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો બ્હીલની રીમનું બંધનકારક જોર (બાઈન્ડીંગ સ્ટ્રેન્થ) ધ્યાનમાં ન લેતાં આરાઓ ભાંગી જવા વિના ફ્લાર્ઈ બ્હીલને દર મીનીટ વધુમાં વધુ આંટાની કેટલી સંખ્યાએ ફેરવી શકાય ?

આરાને તોડી નાંખનાઈ જોર = સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ

$$\therefore \text{આરાને તોડી નાંખનાઈ જોર} = \frac{Wv^2}{gr}$$

$$120000 = \frac{1500 \times v^2}{32 \times 4}$$

$$\therefore v^2 = \frac{120000 \times 32 \times 4}{1500}$$

$$= 128000$$

$$\therefore v = \sqrt{128000}$$

$$= 108.4 \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$= 108.4 \times 60 \text{ ફુટ દર મીનીટે}$$

$$= 6490 \text{ ફુટ દર મીનીટે}$$

એક આંટામાં રીમ અને આરાના જથ્થાની ગતિ એટલે

$$\text{વેલોસીટી} = 31416 \times 2 \times 4 = 31416 \text{ ફુટ}$$

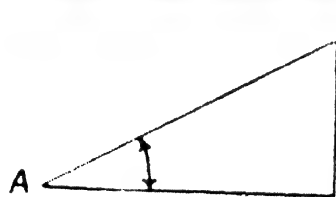
$$\therefore \text{દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા} = \frac{6490}{31416} = 208 \text{ આંટા દર મીનીટે}$$

**આગગાડીની સડક ( રેલવે ) અને મોટરકાર માટેની સડક ઉપરના વાંક (કર્વ્સ).—**જો આગગાડીની સડકના વાંકના બંને પાટા એકજ સરખી લેવડે અથવા ઉંચાઈએ ગોઠવવામાં આવે, ત્યારે વાંક ઉપરથી પસાર થતી આગગાડીનાં પૈડાં ઉપરનો પાટાઓનો મધ્યબિંદુ તરફ લઈ જતો ધકકો (સેન્ટ્રીપેટલ થ્રસ્ટ) પૈડાંની ફ્લેન્જ (કીનારી) ઉપર કાર્ય કરે છે અને સડક ઉપરનો પૈડાંનો મધ્યબિંદુ ત્યાગી ધકકો (સેન્ટ્રીફ્યુગલ થ્રસ્ટ) પૈડાંને પોતાનાં સ્થાનની બહાર બાજુએ હડસેલવાનું વલણ કરશે. પણ સડક સાથે વળન અને પાટાઓની અંદરના મધ્યપ્રેરક બળ ( સેન્ટ્રીપેટલ ફોર્સ )નાં લબ્ધ (રીઝલ્ટન્ટ = બે અથવા વધારે બળ સાથે મળવાથી ઉત્પન્ન થતું જોર)નું હેદન રાખવા માટે બહારનો પાટો અંદરના પાટા કરતાં ઉંચો રાખવામાં આવે છે, અને તેથી સડક આડી સપાટીને ઢળતી રાખવામાં આવે છે.

ચોક્કસ ઝડપ માટે બહારનો પાટો ફેરવો ઉચો રાખવો જોઈએ તે સહેલાઈથી ઢાળવાળી સપાટી (ઈન્ક્લાઈન્ડ પ્લેન)ના દાખલા પ્રમાણે શોધી શકાય છે.

તેજ પ્રમાણે મોટરકાર માટેના રસ્તા ઉપર આવતા વાંકવાળા ભાગોને તેની પહોળાઈએ આડી સપાટીથી ઢળતા રાખવામાં આવે છે. આ વાંકવાળા ભાગોને તેની પહોળાઈએ વધુમાં વધુ અમુક ઝડપ માટે આપવા પડતા ઢાળનો ખૂણો ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓ (trigonometrical functions) ઉપરથી નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય છે:—

**ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓ (ત્રિગોનોમેટ્રિકલ ફંક્શન્સ Trigonometrical functions).**—આકૃતિ ૪માં આપેલા કાટકોણ



આકૃતિ ૪.

C ત્રિકોણની બાજુઓ AB અને BC લંબાઈ ACથી સ્વતંત્ર છે, અને આપેલા ખૂણા BACનાં મોટાપણા (magnitude) ઉપર આધાર રાખે છે.

$\frac{BC}{AC} = \frac{\text{ઉચાઈ}}{\text{લંબાઈ}} = \frac{h}{l}$  ને ખૂણા BACની “લુગ્ગ્યા” એટલે “સાઈન” (Sine) કહેવામાં આવે છે અને તેને ટુંકમાં “Sin  $\angle BAC$ ” લખવામાં આવે છે.

$\frac{AB}{AC} = \frac{\text{પાંચો}}{\text{લંબાઈ}} = \frac{b}{l}$  ને ખૂણા BACની “કોટિજ્યા” એટલે “કોસાઈન” (Cosine) કહેવામાં આવે છે અને તેને ટુંકમાં “cos  $\angle BAC$ ” લખવામાં આવે છે.

$\frac{BC}{AB} = \frac{\text{ઉચાઈ}}{\text{પાંચો}} = \frac{h}{b}$  ને ખૂણા BACની “સ્પર્શજ્યા” એટલે “ટેન્જન્ટ” (Tangent) કહેવામાં આવે છે અને તેને ટુંકમાં “tan  $\angle BAC$ ” લખવામાં આવે છે.



પહેલાં, વાંકવાળા ભાગને આપેલી વધુમાં વધુ ઝડપ માટે તેની આપેલી પહોળાઈએ આડી સપાટીથી જેટલો ઢાળ જેઘએ તે ઢાળની ઉંચાઈ ઢાળવાળી સપાટી (ઈન્કલાઇન્ડ પ્લેન)ના દાખલા પ્રમાણે શોધી કાઢવામાં આવે છે. આ શોધી કાઢેલી ઉંચાઈ અને રસ્તાની આપેલી આડી પહોળાઈ એટલે પાયાવાળો એક કાટકોણ ત્રિકોણ બનશે, સારે

$$\text{ઢાળના ખૂણાની "સ્પર્શજ્યા" એટલે "ટેન્જન્ટ"} = \frac{\text{ઉંચાઈ}}{\text{પાયો}} = \frac{h}{b}$$

ધણીખરી એન્જનીયરોગ પોકેટ બુકમાં અને ટેક્સ્ટ બુકોને છેડે ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓનો કોડો આપેલો હોય છે તેમાં "સ્પર્શજ્યા" એટલે "ટેન્જન્ટ"નાં ખાતા અથવા કોલમમાં જેતાં આ શોધી કાઢેલી સ્પર્શજ્યા એટલે ટેન્જન્ટને લગતો ખૂણો મળી શકે છે.

દાખલો ૧૨.—એક લોકોમોટીવ એન્જીન જેનું વજન ૫૫ ટન છે તે દર કલાકે ૨૦ માઈલની ઝડપે ૧૨૦૦ ફુટની ત્રિજ્યાના વાંકની દ્વરતે દોડે છે, તો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બહારની બાજુના પાટા (rail) ઉપર કેટલું આડી દિશાનું દબાણ આવશે તે શોધો? જો રેલવે એટલે આગગાડીની સડકનો ગેજ (બન્ને પાટા વચ્ચેની પહોળાઈ) ૪ ફુટ ૮ 1/2 ઇંચ હોય તો અંદરના પાટા કરતાં બહારનો પાટો કેટલો ઉંચો રાખવો જેઘએ કે જેથી તે દબાણ બન્ને પાટા ઉપર એકસરખી રીતે વહેંચાઈ જાય.

$$\begin{aligned} \text{દર સેકન્ડે ઝડપ (વેલોસિટી)} &= \frac{૨૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} \\ &= ૮૮ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} &= \frac{W v^2}{gr} = \frac{૫૫ \times ૨૨૪૦ \times ૮૮ \times ૮૮}{૩ \times ૩ \times ૩૨ \times ૧૨૦૦} \\ &= ૨૭૬૦.૬ \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

જો અંદરની અને બહારની બાજુના બન્ને પાટા એકજ સરખી સપાટીએ હોત, તો પૌંડાંઓની ફોર્સ બહારના પાટા ઉપર ૨૭૬૦.૬

પૌંડનાં જોર વડે આડી દિશામાં દબાણ કરતે. અંદરના પાટાની લાઇનની સપાટીથી બહારના પાટાની લાઇનને ઉંચી કરવાથી લોકોમોટીવ એન્જીન ઢાળ ઉપર ઉભેલું હોય એમ થાય છે અને આ પ્રમાણે બહારના પાટાને સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સથી મુક્ત કરવામાં આવે છે.

ધારો કે,  $h$  = અંદરના પાટાની સપાટી કરતાં બહારના પાટાની સપાટીની ઉંચાઈ.

$$h = \text{પાટાઓ વચ્ચેનું અંતર} = 4' - 1\frac{3}{4}''.$$

$$F = \text{લોકોમોટીવ એન્જીન ઉપરનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} \\ = 27600.6 \text{ પૌંડ.}$$

ત્યારે, ઢાળના પાયાને સમાંતર કાર્ય કરતાં જોર સાથની ઢાળવાળી સપાટી (ઈન્કલાઇન્ડ પ્લેન)ના દાખલા પ્રમાણે—

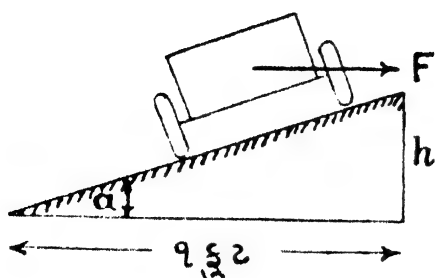
$$F : W :: h : b$$

$$27600.6 : 44 \times 2280 :: h : 46.4''$$

$$\therefore h = \frac{27600.6 \times 46.4}{44 \times 2280} = \underline{1.266 \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૧૩.—એક મોટરકાર માટેના રસ્તા ઉપરનો એક ભાગ ૪૪૦ ફુટની ત્રિજ્યાના વાંકવાળો છે, તો રસ્તાના આ ભાગને તેની પહોળાઈએ કેટલો ઢાળવાળો બાંધવો જોઈએ કે જેથી જ્યારે મોટરકાર દર કલાકે વધુમાં વધુ ૫૦ માઈલની ઝડપે દોડતી હોય ત્યારે રસ્તા ઉપર સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સની અસર સમતોલ થાય. વળી આ ઢાળનો ખૂણો શોધો, અને તે વેળાએ મોટરકારનાં વજનનાં દર ટન દીઠ આ જોર કેટલું હશે તે શોધો ?

$$\text{દર સેકન્ડે વેગ (વેલોસિટી)} = v = \frac{50 \times 5280}{60 \times 60}$$



આકૃતિ ૫.

આડી પહોળાઈ દીઠ રસ્તાની પહોળાઈના ઢાળની ઉંચાઈ.

$$\begin{array}{ccccccc} F & : & W & : & h & : & b \\ ૮૫૫.૫ & : & ૨૨૪૦ & : & h & : & ૧૨'' \end{array}$$

$$\therefore h = \frac{૮૫૫.૫ \times ૧૨}{૨૨૪૦} = ૪.૫૮૩ \text{ ઇંચ દર ફુટ પહોળાઈ દીઠ}$$

આ ઢાળનો ખૂણો  $\alpha$  ત્રિકોણ સંસાઓ (ત્રિગોનોમેટ્રિકલ ફંક્શન) વડે નક્કી કરી શકાયો.

આ દાખલામાં દર ફુટ આડી સપાટી એટલે પાયા દીઠ ઉંચાઈ ૪.૫૮૩ ઇંચ છે, ત્યારે

પાયો =  $b = ૧૨$  ઇંચ, અને ઉંચાઈ =  $h = ૪.૫૮૩$  ઇંચ છે.

$$\begin{aligned} \text{ત્યારે ઢાળના ખૂણા } \alpha \text{ ની સ્પર્શ જ્યાં એટલે ટેન્જન્ટ} &= \frac{h}{b} \\ &= \frac{૪.૫૮૩}{૧૨} = ૦.૩૮૨ \end{aligned}$$

$$\tan \angle \alpha = ૦.૩૮૨.$$

ત્રિકોણ સંસાઓના કોણમાં જોતાં જણાયો કે સ્પર્શ જ્યાં એટલે ટેન્જન્ટ ૦.૩૮૨નો ખૂણો ૨૦ ડીગ્રી ૫૫ મીનીટ છે, એટલે દર ફુટ પહોળાઈ દીઠ ૪.૫૮૩ ઇંચના ઢાળનો ખૂણો ૨૦ ડીગ્રી ૫૫ મીનીટ છે.

$$= ૩૩૦ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$\text{સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr}$$

$$= \frac{૨૨૪૦ \times ૨૨૦ \times ૨૨૦}{૩ \times ૩ \times ૩૨ \times ૪૪૦}$$

$$= ૮૫૫.૫ \text{ પૌંડ દર ટન દીઠ}$$

ધારો કે,  $h$  = રસ્તાની એક ફુટ

## એકસસાઈઝ ૩૯.

૧. એક પદાર્થ જેના જથ્થાનું વજન ૨૫ પૌંડ છે તે ૧૪ ઇંચની ત્રિજ્યાનાં વર્તુલમાં એક ધરી આસપાસ દર સેકન્ડે ૬૦ ફુટની ઝડપે ફરે છે, તો ધરી ઉપરનું ખેંચાણ શોધો ?

૨. ૫ પૌંડનાં વજનને દોરીના એક છેડા સાથે બાંધી તે દોરીને બીજો છેડો હાથમાં પકડી તેને ૩ ફુટ વ્યાસનાં વર્તુલ માર્ગમાં દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, તો તે દોરી ઉપર આવતું તોડી નાંખનારું જોર શોધો ? જે વજન બમણું કરવામાં આવે તો કેટલું ખેંચાણ આવશે ? જે ઝડપ બમણી કરવામાં આવે તો કેટલું ખેંચાણ આવશે ? જે વર્તુલ માર્ગમાં તે પદાર્થ ફરે છે તેની ત્રિજ્યા બમણી કરવામાં આવે તો શું જવાબ આવશે ?

૩. ૨૬ પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને ૪ ફુટ લાંબી દોરીને છેડે બાંધી તેને વર્તુલમાં ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, જે વર્તુલની ત્રિજ્યા દોરીની લંબાઈ છે; તો જ્યારે દોરી ઉપર આવતું ખેંચાણ ૨૦ પૌંડ હોય ત્યારે તે પદાર્થ કેટલી ઝડપે ફરતો હશે ?

૪. એક સાઈક્લિસ્ટ અને તેની બાઈસીકલનું વજન ૧૨ સ્ટોન છે. તે દર કલાકે ૧૫ માઈલની ઝડપે એક વાંકવાળા ખૂણા જેની ત્રિજ્યા ૮૦ ફુટ છે તે પસાર કરે છે, તો તે વાંક પસાર કરતી વેળા કાર્ય કરતું ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ શોધો ?

૫. ૩ ફુટ વ્યાસનું એક વ્હીલ (ચક્કર) તેની ધરી ઉપર દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે અને તેને સમતોલ કરેલું છે. જે તે વ્હીલની રીમ ઉપર ૧૬ પૌંડનું વજન ખેસાડવામાં આવે, તો આ ૧૬ પૌંડનાં વજનને લીધે ધરી ઉપર ઉત્પન્ન થતું ખેંચાણ કેટલું હશે ?

૬. એક દાંતાનું ચક્કર જેનું વજન ૧૮૦૦ પૌંડ છે તેનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ તેની ગોળ ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી ૬ ઇંચ દુર છે. જે તે વ્હીલ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય તો શાક્ર ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?

૭. દર મીનીટે ૧૨૦૦ આંટાની ઝડપે ચાલતાં એક યંત્રમાં ૧ ફૂટ પુટની ત્રિજ્યાએ ૩ પૌંડનો નાહિં સમતોલ થયેલો જથ્થો છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બેરીંગ ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?

૮. એક આગગાડીનો ૩૫૦૦ જેના જથ્થાનું વજન ૨૦ ટન છે તે ૧૬૦૦ પુટની ત્રિજ્યાના વાંક ઉપર દર કલાકે ૪૫ માઈલની ઝડપે દોડે છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ શોધો ?

૯. એક સેગમેન્ટલ ફ્લાઈ બીલ જો દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેની રીમના દરેક સેગમેન્ટનું વજન તેને જો આરા સાથે જોડેલો છે તે સાથે ૨૪૦૦ પૌંડ છે, અને આ ભાગનો જથ્થો ફ્લાઈ બીલની ધરીનાં મધ્યબિંદુથી ૬ પુટનાં અંતરે એકઠો થયેલો છે એમ લઈએ તો રીમના સેગમેન્ટ અને આરાને બીલના બોસમાંથી બહાર ખેંચી કાઢવાનું વલણ કરતું જોર કેટલું હશે ?

૧૦. એક એન્જન લેધની ૧૮ ઇંચ વ્યાસની ફેસ પ્લેટ ઉપર એંગલ પ્લેટ બાંધી તે ઉપર દાગીતો પકડી તેને ટર્ન કરવામાં આવે છે. ફેસ પ્લેટ દર મીનીટે ૪૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. એંગલ પ્લેટ અને દાગીતાના જથ્થાનું વજન ૬૦ પૌંડ છે અને તે જથ્થાનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ લેધ મેન્ડ્રીલનાં મધ્યબિંદુથી ૫ ઇંચ દુર છે, તો એંગલ પ્લેટ અને દાગીતાના આ જથ્થાને સમતોલ કરવા માટે તેની સામે મેન્ડ્રીલનાં મધ્યબિંદુથી ૭ ઇંચ દુર કેટલું વજન ફેસ પ્લેટ ઉપર બાંધવું જોઈએ ?

૧૧. એક નાનાં સ્ટીમ ટરબાઈનની બ્લેડનો જથ્થો ૦.૫ પૌંડ છે અને તે ૮ ઇંચ વ્યાસનાં વતુલના પરિધમાં દર મીનીટે ૨૪૦૦૦ વખત ફરે છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ શોધો ?

૧૨. ૧૦૦ પૌંડ વજનના એક પદાર્થનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ ધરીથી ૧૫ ઇંચ દુર છે અને તે દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તેનો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ કેટલો હશે ?

૧૩. એક ડીસ્ક પોતાની ધરી ઉપર ટુ કરેલી છે અને તે દર મીનીટે ૧૦૦ વખત ફરે છે. ૪ પૌંડનાં વજનની એક લોખંડની પીન ધરીનાં મધ્યથી ૯ ઇંચ દુર ડીસ્કમાં બેસાડવામાં આવે છે, તો તે પીનને સમતોલ કરવા માટે તેની સામેની બાબુએ ધરીથી ૩ ઇંચ દુર કેટલો જથ્થો મુકવો જોઈશે ?

૧૪. એક ફ્લાઈ વ્હીલ જેનો વ્યાસ ૨૦ ફુટ છે તે દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો આરાનાં જોડાણથી તે ઉપર કશી અસર થતી નથી એમ માની લઈ સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સને લીધે તેની રીમ ઉપર આવતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ જોર (સ્ટ્રેસ) શોધો ? જે ધાતુની રીમ બનેલી છે તે ધાતુના એક ધનફુટ જથ્થાનું વજન ૫૦૦ પૌંડ છે. જો તે ધાતુનું ખંચાણનું જોર (ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેંથ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦૦૦ પૌંડથી વધે નહિ એ પ્રમાણે જોઈએ તો તે ફ્લાઈ વ્હીલને સલામતી સાથે કેટલી ઝડપે ફરવી શકાશે ?

૧૫. એક ખીડનાં વ્હીલની રીમ દર સેકન્ડે ૧૬૦ ફુટની ઝડપે ફરે છે. જો રીમમાં સમાયેલી ધાતુનો જથ્થો દર ધનફુટ દીઠ ૪૫૦ પૌંડ હોય તો સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સને લીધે આવતું ખંચાણનું જોર (ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શોધો ?

૧૬. એક સેગમેન્ટલ ફ્લાઈ વ્હીલની રીમના દરેક સેગમેન્ટનું વજન તેને જે આરા સાથે જોડેલો છે તે સાથે ૨૧૦૦ પૌંડ છે અને તે જથ્થો તે વ્હીલની ધરીનાં મધ્યબિંદુથી ૬ ફુટ દુર એકઠો થયેલો છે એમ લેવાનું છે. જો દરેક આરાને તોડી નાંખનારું જોર (ટ્રીકીંગ સ્ટ્રેસ) ૧૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો વ્હીલની રીમનું બંધનકારક જોર (બાઈન્ડીંગ સ્ટ્રેંથ) ધ્યાનમાં ન લેતાં આરાઓ બાંગી જવા વિના ફ્લાઈ વ્હીલને દર મીનીટે વધુમાં વધુ કેટલા આંટાની ઝડપે ફરવી શકાય ?

૧૭. મોટર સાઇકલ માટેના એક અંગકાર (ovral આવલ) રસ્તાને ૮૦ વારની ઓછામાં ઓછી ત્રિજ્યા છે અને તેને દર કલાકે ૬૦ માઇલની વધુમાં વધુ ઝડપને અનુકૂળ આવે એમ તેની પહોળાઈએ

ઢાળ પડતો બનાવવાનો છે, તો જે જગ્યાએ ઓછામાં ઓછી ત્રિજ્યા હોય તે જગ્યા આગળના રસ્તાનાં છેદચિત્ર (ક્રોસ સેક્શન)નો ઢાળ શોધો ?

૧૮. એકજ ટુકડેની નક્કર રીમ સાથનું એક ખીડનું કલાક વહીલ જેની ધાતુનું વધુમાં વધુ ખેંચાણનું જોર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૮ ટન છે તે ધીમે ધીમે વધતી ઝડપે ફરે છે, તો જ્યારે વહીલ તૂટી જાય ત્યારે રીમની ઝડપ દર સેકન્ડે કેટલા કુટ હશે ?

૧૯. ૩ કુટ વ્યાસની અને ૩ ઇંચ જાડી એક ખીડની ડીસ્ક એક ધરી ઉપર ફરે છે, જે ધરીનું મધ્ય ડીસ્કનાં મધ્યથી ૩ ફી ઇંચ દુર છે, તો દર મીનીટ ૧૨૫ આંટાની ઝડપે તે ધરી ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?

૨૦. એક લોકોમોટીવ એન્જીન જેનું વજન ૭૦ ટન છે તે દર કલાકે ૩૦ માઇલની ઝડપે ફૂ માઇલની ત્રિજ્યાના વાંકની ફરતે દોડે છે તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બહારના પાટા ઉપર આડી દિશાનું કેટલું દબાણ આવશે તે શોધો ? જો રેલવે એટલે આગગાડીની સડકનો જેજ ૪ કુટ ૮ ફી ઇંચ હોય તો અંદરની બાજુના પાટા કરતાં બહારની બાજુનો પાટો કેટલા ઉંચો રાખવો જોઈએ કે જેથી તે દબાણ બંને પાટા ઉપર એકસરખી રીતે વહેંચાઈ જાય ?

૨૧. મોટરકાર માટેના એક રસ્તા ઉપર આવતો વાંક ૬૪૦ કુટની ત્રિજ્યાનો છે, તો આ વાંકવાળા ભાગને તેની પહોળાઈએ કેટલો ઢાળવાળો બનાવવો જોઈએ કે જેથી જ્યારે મોટરકાર દર કલાકે વધુમાં વધુ ૮૦ માઇલની ઝડપે દોડતી હોય ત્યારે તે વાંક ઉપર સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની અસર સમતોલ થાય. વળી આ ઢાળ આડી સપાટી સાથે કેટલા ઓંશનો ખૂણો કરશે તે શોધો, અને તે વેળાએ મોટરકારનાં વજનનાં દર ટન દીઠ આ જોર કેટલું આવશે તે શોધો ?

## પ્રકરણ ૪થું

### યંત્રોની કેટલીક રચનાઓ.

**કેમ્સ (Cams).**—ગોળ ગતિનું સીધી લીટીની ગતિમાં રૂપાંતર કરવા માટે યંત્રોમાં “કેમ” વપરાય છે. કેમ ઘાળું કરીને હીસ્કના આકારના અથવા નળાકાર હોય છે. તેઓ એક ધરી આસપાસ ફરે છે અને તેમના પરીધ અથવા સપાટીના આકારની મદદ વડે અથવા તેમની સપાટીમાંના ગાળા (ચુવ) વડે એક સળાયા (રોડ) માંનાં કોઈ પણ બિંદુને આમતેમની સીધી લીટીની ગતિ આપે છે.

કેમ ઘાળું કરીને પોતાની ધરી આસપાસ એકસરખી રીતે ફરે છે, અને સળાયા (ફોલોઅર)ની આમતેમની સીધી લીટીની ગતિ કેમના આકાર ઉપર આધાર રાખીને કોઈપણ પ્રકારની હોઈ શકે તથા ફરવાની ધરીને કોઈપણ ખૂણે દળતાં ક્ષેત્રમાં હોઈ શકે.

કેમ્સ જુદી જુદી જાનના હોય છે, જેવા કે, ફેસ કેમ (face cam), એજ કેમ (edge cam), નળાકાર કેમ (cylindrical cam).

ફેસ કેમ એક પ્લેટ છે જેની આજુ (ફેસ) ઉપર ફોલોઅર એટલે સળાયાની જેમની અમુક ગતિ માટે સુગમ પડતા આકારનો એક વાંકવાળો ગાળો બનાવેલો હોય છે.

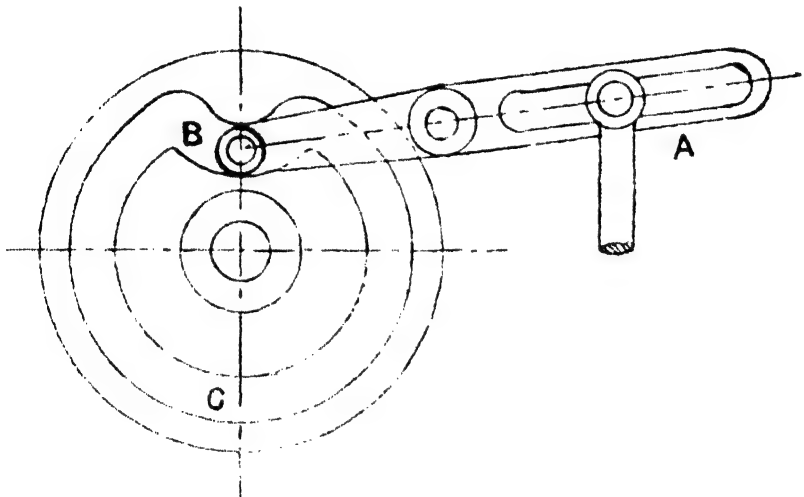
એજ કેમ એક પ્લેટ છે જેને વાંકવાળી ધાર હોય છે જે ધારનાં કાર્યથી તે લીવરને, રોડને (સળાયાને), અથવા મીકેનીઝમ (યંત્રની રચના)ના બીજા ભાગોને જેમની ગતિ આપે છે. લીવર અથવા રોડને છોડે ઘાળું કરીને એક રતર અથવા રોલર આપેલો



હોય છે જેથી ધર્પણ ઓછું થાય છે, અને ફેસ કેમમાં તે રોલર ગાળામાં કાર્ય કરે છે અને એજ કેમમાં તે રોલરને વજન વડે અથવા સ્પ્રીંગનાં કાર્ય વડે કેમની ધાર સાથે સંબંધમાં રાખવામાં આવે છે.

નળાકાર કેમ એક નળો છે જેની બહારની નળાકાર સપાટી ઉપર ફેલોઅરની જોઈતી અમુક ગતિ માટે સુગમ પડતા આકારનો એક વાંકવાળો ગાળો બનાવેલો હોય છે. એમાં ફેલોઅરની આમ તેમની ગતિની દિશા કેમની ધરીને સમાંતર હોય છે.

આકૃતિ ૬માં ફેસ કેમ બતાવ્યો છે જે સ્લોટીંગ મશીનનાં શીડ મોશન એટલે કાપતાં ઓગરને શીડ આપવાની ગતિ માટેની કેમની



આકૃતિ ૬

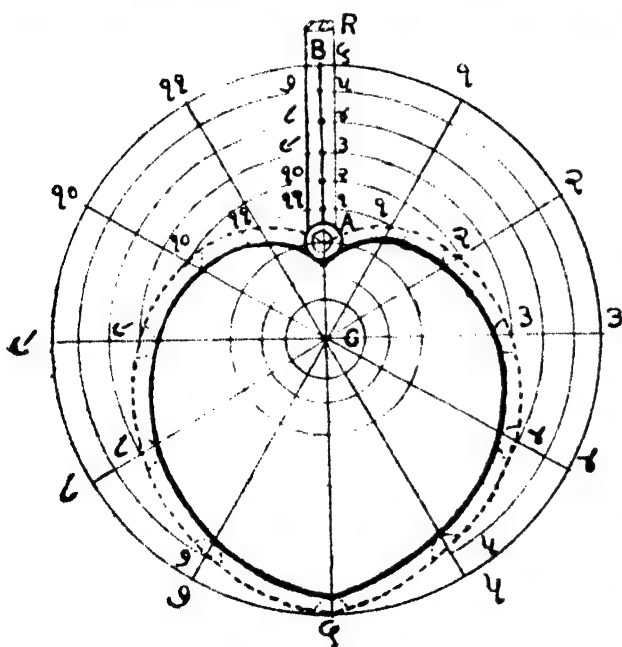
રચના છે. હીવર Aના એક છેડા ઉપર સખત કરેલો પોલાદનો એક રત્નર અથવા રોલર B આપેલો હોય છે જે કેમના ગાળા ( યુવ ) Cમાં કાર્ય કરે છે, અને બીજા છેડાને એક કનેક્ટીંગ રોડ સાથે જોડેલો છે, જે કનેક્ટીંગ રોડ ઓગરને આપવાની શીડ માટેના રેચેટ (ratchet) ઉપર જરૂર પડતી ગતિનું સંચારણ કરે છે. આ આયનમાં હીવરની ગતિ ધણી ઓર્થિતી જોઈએ છે, તેટલા માટે ગાળાની રૂપરેખા ( પ્રોફાઇલ profile ) માત્ર ટુંકા અંતર શિવાય ગોળાકાર છે. જ્યારે

લીવરને છેડેનું રેલર ગાળા (મુવ)ના ગોળાકાર ભાગમાં હોય છે ત્યારે લીવરને ગતિ મળતી નથી. કેમના ગાળા જુદા જુદા આકારના બનાવી શકાય છે, જેથી કોઈ પણ જરૂર પડતી ગતિ આપી શકાય છે.

ફાલોઅર એટલે સળીયાની જોઈતી ગતિ માટે ફેસ કેમના ગાળાની અથવા એજ કેમની ધારની જોઈતી રૂપરેખા એટલે પ્રોફાઇલ પ્રોફાઇલ રીતે ન.એ પ્રમાણે છે:—

હાર્ટ કેમ (Heart Cam) એટલે હૃદયના જેવા આકારનો કેમ.—ધારે કે કેમ-પ્લેટની ગતિનાં મધ્યબિંદુ Cમાંથી પસાર થતી રેખામાં અને ગાઇડસ (guides)ની વચ્ચે ઉભી દિશામાં ચાલતા એક સળીયાને એક સરખી આમતેમની ગતિ આપવાની જરૂર છે.

ધારે કે આકૃતિ ૭માં દેખાણા પ્રમાણે સરકતો સળીયો તેનાં સૌથી નીચલાં રથાને છે, અને જ્યારે તે સળીયો તેનાં સૌથી ઉંચેનાં રથાને



આકૃતિ ૭.

profile) ન.એ પ્રમાણે મેળવી શકાય:—

હોય ત્યારે ધારે કે તેનો છેડો બિંદુ C આગળ છે. આ પ્રમાણે જે અંતર પસાર થાય છે તેને ત્રવલ એટલે ચાલ કહેવામાં આવે છે, અને તે કેમના અર્ધા આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમિયાન પસાર થશે. જોઈતી વાંકવાળી રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ

જે શાફ્ટ ઉપર કેમ ફરે છે તેનું મધ્યબિંદુ C છે. મધ્યબિંદુ તરીકે Cને લઈ બે વર્તુલો દોરો, જેમાંનાં મોટાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ Cથી કેમની જોઈતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સાંથી વધુમાં વધુ અંતરની બરાબર છે, અને નાનાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ Cથી કેમની જોઈતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સાંથી ઓછામાં ઓછા અંતરની બરાબર છે. સારે આ બે વર્તુલો વચ્ચેનું અંતર AB રેડ Rના છેડાની દરેક દિશાની ચાલ થશે. જુઓ આકૃતિ ૭. સળીયાની ચાલ (ત્રિવલ્લ) ABને સરખા ભાગોની કોઈ પણ સંખ્યામાં, કહો કે, છ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો, અને દરેક વર્તુલના એક બાજુના અર્ધા પરિઘને ત્રિજ્યાવાળી (radial) લીટીઓ C૧, C૨, C૩, C૪, C૫, અને C૬ વડે તેટલાજ એટલે છ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો. સાર આઠ Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક (arc) ત્રિજ્યા C૧ને બિંદુ ૧ આગળ મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૨ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૨ને બિંદુ ૨ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૩, C૪, C૫, અને C૬ને બિંદુઓ ૩, ૪, ૫, અને ૬ આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી દોરાયેલો વાંક ફેસ કેમની બાજતમાં તેની એક બાજુના ગાળાની અને એજ કેમની બાજતમાં તેની એક બાજુની ધારની રૂપરેખા દર્શાવશે, જે વડે સળીયાને તેનાં સાંથી નીચલાં સ્થાનથી સાંથી ઉંચાં સ્થાન સુધીની ગતિ મળશે. એજ પ્રમાણે દરેક વર્તુલના બીજા બાજુના બાકીના પરિઘને પણ ત્રિજ્યાવાળી લીટીઓ C૭, C૮, C૯, C૧૦, C૧૧, અને C૧૨ વડે તેટલાજ એટલે છ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો અને સાર આઠ Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૭ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક (arc) ત્રિજ્યા C૭ને બિંદુ ૭ આગળ મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ C૮ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૮ને બિંદુ ૮ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક C૯, C૧૦, C૧૧,

અને ૮૧૨ને બિંદુઓ ૯, ૧૦, ૧૨, અને ૧૨ આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી દોરાયલો વાંક ફેસ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાબુના ગાળાની અને એજ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાબુની ધારની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દર્શાવશે જે વડે સળીયાને તેનાં સૌથી ઉંચાં સ્થાનથી સૌથી નીચલાં સ્થાન સુધીની વળતી ગતિ મળશે. આ પ્રમાણે બનેલો કેમ સળીયાને ઉભી દિશામાં જોઈતી એકસરખી આમતેમની ગતિ આપશે.

એજ કેમ સાથે જો તેની ઉપરથી આમતેમની ગતિ મેળવતા સળીયાને છેડે ધર્યાણુ ઓછું કરવા માટે રોલર આપવામાં આવ્યું હોય, તો કેમની ધારના આકારમાં એવી રીતે ફેરફાર કરવો જોઈએ કે જેથી રોલરનું મધ્ય ઉપર પ્રમાણે મેળવેલા કેમના વાંકની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) ઉપર ચાલશે. આ પ્રમાણે કરવા માટે મૂળ વાંકની અંદરની બાબુએ તે મૂળ વાંક ઉપર મધ્યબિંદુઓ લઈ રોલરની ત્રિજ્યાનાં અર્ધ વર્તુલો દોરવાં જોઈએ, અને ત્યારપછી આ વર્તુલોને અડે એમ મૂળવાંકની અંદરની બાબુએ સમાંતર વાંક આકૃતિ ૭માં જાડી લીટી વડે દેખાડ્યા પ્રમાણે દોરવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે દોરેલો વાંક એજ કેમની ધારની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) આપશે.

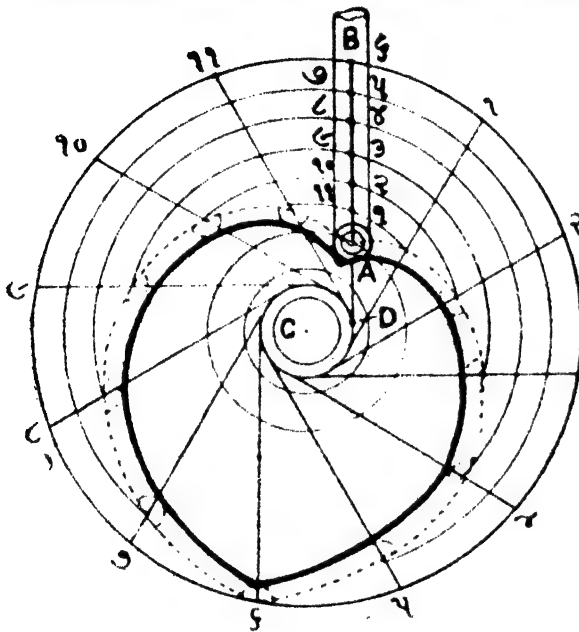
આગળ આપણે જે વાંક મેળવ્યો છે તે ફેસ કેમની બાબતમાં તેમાં જોઈતા ગાળાનું મધ્ય છે. ફેસ કેમના ગાળામાં લીવરને છેડે આપેલું રોલર ફરી શકે એવો ગાળો મેળવવા માટે જોઈતી પહોળાઈ જોટલા વ્યાસનાં વર્તુલોની દ્વારા નક્કી કરેલા વાંક ઉપર તેમનાં મધ્યબિંદુઓ લઈ દોરવામાં આવે છે, અને વર્તુલોને અડે એમ મધ્યના વાંકની અંદર અને બહાર સમાંતર વાંકો દોરવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે ફેસ કેમ માટેનો જોઈતો પહોળાઈનો ગાળો મળશે.

જ્યારે સળીયાની ચાલની રેખા કેમની ગતિનાં મધ્યબિંદુ (એટલે કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ)માંથી પસાર ન થતાં તેની કોઈપણ

એક બાળુએ અમુક અંતરે આપેલાં બિંદુમાંથી પસાર થાય ત્યારે કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દોરવાની રીત નીચે પ્રમાણે છે:—

આકૃતિ ૭માં દોરેલા કેમમાં સળીયાની ચાલની રેખા કેમ-પ્લેટની ગતિનાં એટલે કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cમાંથી પસાર થાય છે. પણ જો સળીયાની ચાલની રેખા કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cમાંથી પસાર ન થતાં તેની એક બાળુએ કોઈપણ અંતરે આપેલા બિંદુમાંથી પસાર થતી હોય તો આકૃતિ ૮માં દેખાડ્યા પ્રમાણે કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દોરવામાં આવે છે. આગળ જણાવ્યા પ્રમાણે મધ્યબિંદુ તરીકે કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cને લઈ બે વર્તુલો દોરો જેમાંનાં મોટાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ C થી કેમની જોડતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સૌથી વધુમાં વધુ અંતરની બરાબર છે અને નાનાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ C થી કેમની જોડતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સૌથી ઓછામાં ઓછા અંતરની બરાબર છે. હવે સળીયાની ચાલની રેખા કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cની એક બાળુએ (અત્રે આપણે જમણી બાળુએ લઈશું) અમુક અંતરે આવેલાં બિંદુ Dમાંથી પસાર થાય છે, માટે મધ્યબિંદુ C થી આપેલાં અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક બાળુ વર્તુલ દોરો, અને D બિંદુમાંથી આ વર્તુલને સ્પર્શરેખા રૂપે એક હબી લીટી DB દોરો. આ લીટી ઉપર મોટાં અને નાનાં વર્તુલો વચ્ચેનું અંતર AB સળીયાની દરેક દિશાની ચાલ થશે. સળીયાની આ ચાલ (ત્રેવલ) ABને આગળ પ્રમાણે સરખા ભાગોની કોઈપણ સંખ્યામાં, કહો કે, છ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો અને દરેક વર્તુલના દરેક બાળુના અર્ધા પરિઘને B બિંદુ આગળથી શરૂ કરી તેટલાજ એટલે છ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો, અને જે વર્તુલને સ્પર્શરેખા રૂપે DB લીટી દોરી છે તેજ વર્તુલને સ્પર્શરેખા રૂપે લીટીઓ (tangents) મોટાં વર્તુલને તેના વિભાગનાં બિંદુઓ ૧, ૨, ૩, ૪, ૫, અને ૬ આગળ મળે એમ દોરો, અને ત્યારબાદ આકૃતિ ૭માં દેખાડ્યા પ્રમાણે Cને મધ્યબિંદુ લઈ અને C૧ અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક

સ્પર્શરેખા૩૫ લીટી ૧ને મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને



આકૃતિ ૮.

C ૨ અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક સ્પર્શરેખા૩૫ લીટી ૨ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક સ્પર્શરેખા૩૫ લીટી-ઓ ૩, ૪, ૫ અને ૬ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આર્ક (કૌંશ) સ્પર્શરેખા૩૫ લીટી-ઓને મળે છે તે

બિંદુઓમાંથી દોરાયેલા વાંકે ફેસ કેમની બાબતમાં તેની એક બાબત ગાળાની અને એજ કેમની બાબતમાં તેની એક બાબત ગાળાની ધારની રૂપરેખા દર્શાવશે, જે વડે સળીયાને સૌથી નીચલાં સ્થાનથી સૌથી ઉંચાં સ્થાન સુધીની ગતિ મળશે. એજ પ્રમાણે દરેક વર્તુલના બીજા બાબત ગાળાના પરિધને પણ આકૃતિ ૮માં દેખાતા પ્રમાણે તેટલજ એટલે જ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરી આગળ જે વર્તુલને સ્પર્શરેખા૩૫ લીટીઓ દેરી છે તેજ વર્તુલને સ્પર્શરેખા૩૫ લીટીઓ મોટા વર્તુલના બાહ્યના અર્ધા પરિધને તેના વિભાગનાં બિંદુઓ ૭, ૮, ૯, ૧૦, ૧૧ અને ૧૨ આગળ મળે એમ દોરો. ત્યારપછી Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C ૭ અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક સ્પર્શરેખા૩૫ લીટી ૭ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક સ્પર્શરેખા૩૫ લીટીઓ ૮, ૯, ૧૦, ૧૧ અને ૧૨ને મળે એમ દોરો. જે

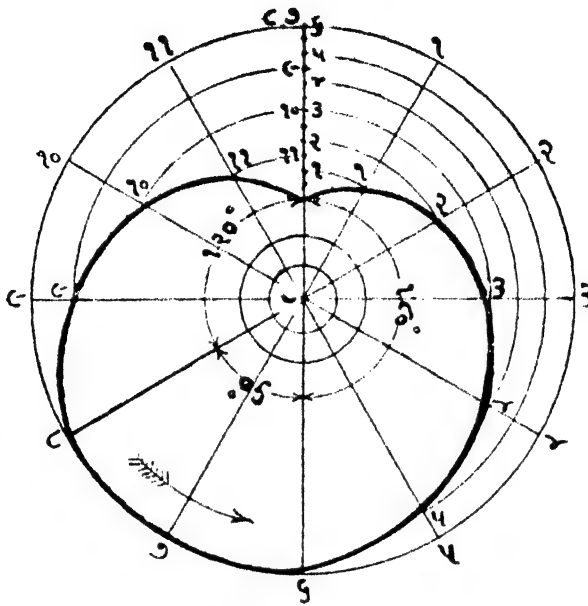
## ખંડિત એટલે આંતરે આંતરેની ગતિ માટેના કેમ ૮૯

ખિંદુઓ આગળ આંકે સ્પર્શરેખાએ લીટીઓને મળે છે તે ખિંદુઓમાંથી દોરાયેલો વાંક ફેસ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાજુના ગાળાની અને એજ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાજુની ધારની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દર્શાવશે જે વડે સળીયાને તેનાં સૌથી ઉંચાં સ્થાનથી સૌથી નીચલાં સ્થાન સુધીની વળતી ગતિ મળશે.

**ખંડિત એટલે આંતરે આંતરેની ગતિ માટેના કેમ.—**

કેટલીકવાર કેમ વડે આપવામાં આવતી ગતિ ખંડિત એટલે આંતરે આંતરેની (intermittent) હોય છે. દાખલા તરીકે પંચીંગ મશીન (પંચ વડે વેલ પાડવાનાં યંત્ર)ના એક આકારમાં એક કેમ ગોઠવેલો હોય છે જે તેના દરેક આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન પંચને ઉપર ચઢવાની ગતિ આપે છે, અને ત્યાર બાદ વિશ્રામનો વખત આપે છે અને છેવટે નીચે ઉતરવાની ગતિ આપે છે. આના ઉદાહરણ તરીકે, આપણે સળીયાને ઉભી દિશાની ગતિ આપવા માટેના એવી જાતનો કેમ યોજ્યે કે જેથી કેમના પહેલા અર્ધા આંટા દરમ્યાન તે સળીયો એકસરખી રીતે ઉપર ઉંચકાશે, ત્યાર પછી  $\frac{1}{2}$  આંટા દરમ્યાન ઉભો રહેશે, અને આંટાના બાકીના ભાગ દરમ્યાન એકસરખી રીતે નીચે ઉતરશે.

આગળ પ્રમાણે ધારો કે સળીયાની આમતેમની ગતિ કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યખિંદુ ઓમાંથી પસાર થતી સીધી લીટીમાં છે. ત્યારે આકૃતિ ૯માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ઓને મધ્યખિંદુ તરીકે લઈ સળીયાના છેડાનાં સૌથી ઉંચાં અને સૌથી નીચાં સ્થાનોમાંથી પસાર થતાં વર્તુલો દોરો. આ વર્તુલોના પરિઘને આંટાના  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  અને  $\frac{3}{4}$  ભાગોને મળતા આવતા ભાગોમાં અનુક્રમે ૧૮૦ ડિગ્રી, ૬૦ ડિગ્રી, અને ૧૨૦ ડિગ્રીના ખૂણાઓ કરતી ત્રિજ્યાવાળી લીટીઓ દોરીને વિભક્ત કરો. સળીયાની ગતિ સમ (uniform) છે, માટે સળીયાની ત્રેવલ એટલે ચાલને સરખા ભાગોની કોઈપણ સંખ્યામાં, કહો કે, બાર સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો અને વર્તુલોના પરિઘને પણ સરખા ભાગોની તેટલીજ સંખ્યામાં ત્રિજ્યાવાળી લીટીઓ વડે વિભક્ત કરો.



આકૃતિ ૯.

પહેલાં, કેમના પરેલા અર્ધા આંટા ( રેવોલ્યુશન ) દરમ્યાન સળીયો એકસરખી રીતે ઉપર ઉચકાય તે માટેના કેમનો વાંક (કર્વ) નીચે પ્રમાણે શેધીશું:—

આકૃતિ ૯માં દેખાડ્યા પ્રમાણે સળીયાની ઉપલી દિશાની ચાલ માટેના ૬ સરખા વિભાગોમાંનો પરેલો વિભાગ ખીજા ભાગ ઉપર, ખીજો વિભાગ ચોથા ભાગ ઉપર, ત્રીજો વિભાગ છઠ્ઠા ભાગ ઉપર, ચોથો વિભાગ આઠમાં ભાગ ઉપર, પાંચમો વિભાગ દશમાં ભાગ ઉપર, અને છઠ્ઠો વિભાગ બારમાં ભાગ ઉપર છે. મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૧ને બિંદુ ૧ આગળ મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૨ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૨ને બિંદુ ૨ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૩, C૪, C૫, અને C૬ને બિંદુઓ ૩, ૪, ૫, અને ૬ આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી



દોરાયલો વાંક કેમના પહેલા અર્ધા આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન સળીયાને સમાન રીતે ઉપલી દિશાની ગતિ આપશે.

હવે ઉપલી દિશાની ગતિ પછી સળીયો કેમના  $\frac{1}{2}$  આંટા દરમ્યાન ઉભો રહે છે, માટે પરિધના સાતમા અને આઠમા વિભાગ આગળ સળીયાનો છેડો છઠ્ઠા વિભાગ આગળનાં સ્થાને એટલે સૌથી ઉંચાં સ્થાને છે, એટલે સળીયાની ઉપલી ચાત્રનાં સૌથી ઉંચાં સ્થાન ૬ આગળજ સાતમા અને આઠમા વિભાગનું સ્થાન છે; માટે Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૭ (જે C૬ની બરાબર છે) ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક C૭ને બિંદુ ૭ આગળ મળે એમ દોરો. એજ પ્રમાણે Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૮ (જે C૬નાં બરાબર છે) ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૮ને બિંદુ ૮ આગળ મળે એમ દોરો. આ ૭ અને ૮ બિંદુઓમાંથી દોરાયલો વાંક કેમના  $\frac{1}{2}$  આંટા દરમ્યાન સળીયાના છેડાને કરી પણુ ગતિ આપશે નહીં.

હવે આડીના  $\frac{1}{2}$  આંટા દરમ્યાન સળીયો એક સરખી રીતે નીચે ઉતરે તે માટેનો કેમનો વાંક (કર્વ) આપણે નીચે પ્રમાણે શોધીશું:—

સળીયાનો નીચલો છેડો ઉંચે ચઢતાં જેટલું અંતર ચાલે છે તેટલુંજ અંતર નીચે ઉતરતાં ચાલશે, માટે તે અંતરને સળીયાની નીચલી ગતિ માટે પરિધના ૪ વિભાગો આડી રહેલા હોવાથી ચાર વિભાગોમાં વિભક્ત કરો, જે વિભાગો આકૃતિ ૯માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ૯, ૧૦, ૧૧, અને ૧૨ છે, નવમો વિભાગ નવમા ભાગ ઉપર, દશમો વિભાગ છઠ્ઠા ભાગ ઉપર, અગીઆરમો વિભાગ ત્રીજા ભાગ ઉપર, અને બારમો વિભાગ શૂન્ય ભાગ ઉપર છે. હવે મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૯ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૯ને બિંદુ ૯ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૧૦, C૧૧, અને C૧૨ને બિંદુઓ ૧૦, ૧૧, અને ૧૨

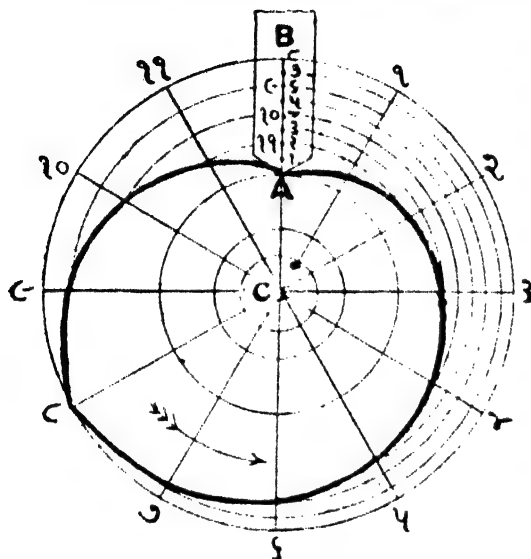
આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી દોરાયેલા વાંક કેમના છેલ્લા બાકી રહેલા ૩ આંટા દરમ્યાન સળીયાને નીચલી દિશાની ગતિ આપશે.

આ પ્રમાણે કેમની જોઈતી સંપૂર્ણ રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) આકૃતિ ૯માં બીડી લીટી વડે દર્શાવી છે. જો સળીયાને છેડે ધર્ષણ ઓછું કરવા માટે રોલર આપવામાં આવ્યો હોય તો આ મેળવેલા વાંક ઉપર મધ્યબિંદુઓ લઈ રોલરની ત્રિજ્યાનાં અર્ધ વર્તુલો તે વાંકની અંદરની બાજુએ દોરવાં, અને ત્યારપછી આ વર્તુલોને અડે એમ મેળવેલા મૂળ વાંકની અંદરની બાજુએ તેને સમાંતર વાંક દોરવો.

જો ઉપલા કેમને ઉલટી દિશામાં ફેરવવામાં આવે તો કેમ વડે ચલાવવામાં આવતો સળીયો કેમના ૩ આંટા દરમ્યાન ઉપર ચડશે, ૩ આંટા દરમ્યાન ઉભો રહેશે, અને બાકી રહેલા ૩ આંટા દરમ્યાન નીચે ડાલશે.

**વળતી ઝડપી ચાલ મેળવવા માટેનો કેમ ( Quick Return Cam ).**—જો કેમ વડે ચલાવવામાં આવતા સળીયાની એક દિશાની ચાલ બીજી દિશાની ચાલ કરતાં ઝડપી જોઈતી હોય તો આ જતનનો કેમ યોજવામાં આવે છે. આપણે સળીયાને ઉભા દિશાની આમનેમની સમાન ગતિ આપવા માટેના કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) યોજ્યે, જેથી તે વડે સળીયાની ઉપલી દિશાની ચાલની ઝડપ નીચલી દિશાની ચાલની ઝડપ કરતાં માત્ર અર્ધી, એટલે સળીયાને ઉપલી દિશામાં ચાલતાં જે વખત લાગે તેનાં કરતાં નીચલી દિશામાં ચાલતાં માત્ર અર્ધી વખત લાગે. વળી કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી સળીયાના છેડા સુધીનું વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૨ ઇંચ હોય, અને આમતેમ ચાલતા સળીયાની ચાલની રેખાને લંબાવવામાં આવતાં તે કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય. આવી જતનના કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) આપણે નીચે પ્રમાણે યોજીશું:—

કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી સળીયાના છેડા સુધીનું



આકૃતિ ૧૦.

વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને આંછામાં આંછું અંતર ૨ ઇંચ છે, માટે સળીયો ૨ ઇંચ ઉપર ઉચ્ચકાશે અને ૨ ઇંચ નીચે પડશે, ત્યારે આકૃતિ ૧૦માં દેખાડેલું સળીયાની ચાલનું અંતર AB ૨ ઇંચ છે. સળીયાની ઉપલી દિશાની ગતિની ઝડપ નીચલી દિશાની ગતિની ઝડપથી

ઘટી છે, માટે કેમના ઝુકાં આંટા દરમ્યાન સળીયો ઉપર ચઢવો જોઈએ, અને બાકીના ઝુકાં આંટા દરમ્યાન તે નીચે આવવો જોઈએ.

આકૃતિ ૧૦માં દેખાડ્યા પ્રમાણે પહેલાં Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને ગતિનાં મધ્યબિંદુ Cથી સળીયાના છેડાનાં વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક મોટું વર્તુલ દોરો અને એજ પ્રમાણે Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને ગતિનાં મધ્યબિંદુ Cથી સળીયાના છેડાનાં આંછામાં આંછાં અંતર ૨ ઇંચને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક નાનું વર્તુલ દોરો; ત્યારે આ બે વર્તુલો વચ્ચેનું અંતર AB ૨ ઇંચ છે, જે સળીયાના છેડાની દરેક દિશાની ચાલ થશે. હવે આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે વર્તુલોના પરિધને ૧૨ સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરો. પહેલાં, કેમના પહેલા ઝુકાં આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન એટલે પરિધના આઠ વિભાગ દરમ્યાન સળીયો સમાનરીતે ઉપર ઉચ્ચકાય તે માટેનો કેમનો વાંક (કર્વ) નીચે પ્રમાણે શોધીશું:—

આકૃતિ ૧૦માં દેખાડ્યા પ્રમાણે સળીયાના છેડાથી ઉપલી દિશાની ચાલ માટે તેની ચાલનાં અંતર ABને ૮ સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરો. મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૧ને મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૨ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૨ને મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૩ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૩ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૪, C૫, C૬, C૭, અને C૮ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આ આર્ક્સ ત્રિજ્યાઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી એક વાંક (કર્વ) દોરો, જે વાંક કેમના પહેલા ક્રે આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન સળીયાને સમાનરીતે ઉપલી દિશાની ગતિ આપશે.

હવે બાકીના  $\frac{1}{2}$  આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન સળીયો સમાનરીતે નીચે ઉતરે તે માટેના કેમનો વાંક આપણે નીચે પ્રમાણે જોધીયું:—

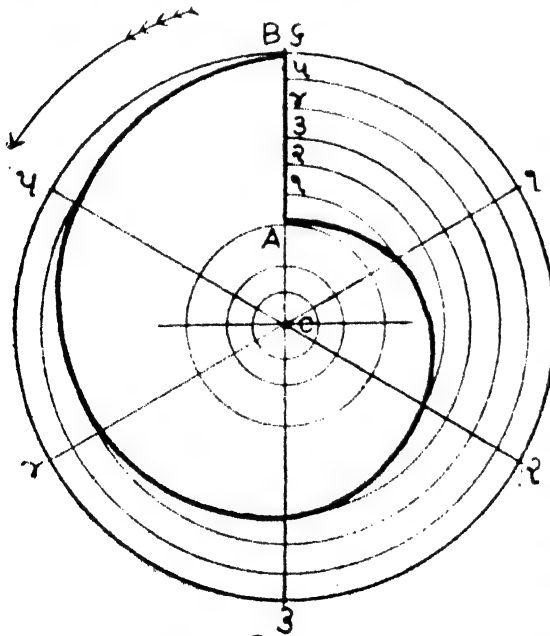
સળીયાનો નીચનો છેડો ઉંચે ચઢતાં જેટલું અંતર ચાલે છે તેટલુંજ અંતર નીચે ઉતરતાં ચાલશે, માટે તે અંતર ABને સળીયાની નીચલી ગતિ માટે પરિધના ૪ વિભાગો બાકી રહેલા હોવાથી ૪ વિભાગોમાં વિભક્ત કરો, જે વિભાગો આકૃતિ ૧૦માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ૯, ૧૦, ૧૧, અને ૧૨ છે. હવે મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૯ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૯ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૧૦, C૧૧, અને C૧૨ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આ આર્ક્સ ત્રિજ્યાઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી એક વાંક દોરો જે વાંક કેમના છેલ્લા બાકી રહેલા  $\frac{1}{2}$  આંટા દરમ્યાન સળીયાને નીચલી દિશાની ઝડપી ગતિ આપશે.

આ પ્રમાણે કેમની જોઈતી સંપૂર્ણ રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) આકૃતિ ૧૦માં બનડી લીટી વડે બતાવી છે. આકૃતિમાં કેમની ફરવાની દિશા તીર વડે બતાવી છે.

## વળતી ઝડપી ચાલ મેળવવા માટેનો કેમ ૯૫

જો આ કેમની ફરવાની દિશા ઉલટાવવામાં આવે તો સળીયો કેમના ૧ આંટા દરમ્યાન ઝડપી ચાલે ઉપર ચઢશે અને બાકીના ૨ આંટા દરમ્યાન ધીમી ઝડપે નીચે ઉતરશે. આ વેળાએ સળીયાને નીચલી દિશામાં ચાલતાં જે વખત લાગશે તેનાથી અર્ધો વખત ઉપલી દિશામાં ચાલતાં લાગશે.

ફોક્ષોઅર અથવા સળીયની ઉપલી દિશાની ચાલની ગતિ એક સરખી રીતે અને નીચલી વળતી ચાલની ગતિ તાત્કાલિક મેળવવાને માટેના એજ કેમનો આકાર (પ્રેક્ટાઇઝ) નક્કી કરવાની રીત આકૃતિ ૧૧માં બતાવી છે. આગળ વર્ણુઆ પ્રમાણે Cને મધ્ય તરીકે લઈ બે વર્તુલો દોરો જેની ત્રિજ્યાઓ Cથી સળીયાના છેડા સૂધીનાં ઓછામાં ઓછાં અને વધુમાં વધુ અંતરની બરાબર છે. આ બે વર્તુલો વચ્ચેનું



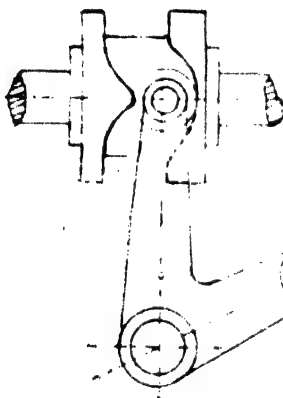
અકૃતિ ૧૧

અંતર AB સળીયાના છેડાની દરેક દિશામાંની ચાલ થશે. સળીયાની આ ચાલને સરખા ભાગોની કોઈ પણ સંખ્યામાં, કહો કે, ૭ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો. કેમના એક આંટામાં સળીયો સમાન રીતે ઉપર ઉચ્ચાય છે અને તેજ આંટાને અંતે તે તાત્કાલિક નીચે પડે છે, માટે વર્તુલોના

આખા પરિઘને પણ ૭ સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરો. મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૧ને

મળે એમ દોરો.  $O$  ને મધ્ય તરીકે લઇ અને  $C$  ને ત્રિજ્યા તરીકે લઇ એક આર્ક ત્રિજ્યા  $C$  ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સધળાં આર્ક ત્રિજ્યા  $O_3, O_4, O_5$ , અને  $O_6$  ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આ આર્કસ ત્રિજ્યાઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી એક વાંક દોરો, જે વાંક કેમના દરેક આંટા દરમ્યાન સળીયાને સમાન રીતે ઉપલી દિશાની ગતિ આપશે, અને દરેક આંટાને અંતે તે સળીયાને તાત્કાલિક નીચે પાડશે.

**નળાકાર કેમ (Cylindrical Cam).—**“એજ કેમ” અને “ફેસ કેમ” માં લીવર અથવા સળીયાને આપવામાં આવતી ગતિ કેમની શાફ્ટને કાટખૂણે આવેલાં ક્ષેત્રમાં હોય છે. જે લીવર અથવા સળીયાની ગતિ કેમ-શાફ્ટની ધરીને સમાંતર આવેલી દિશામાં



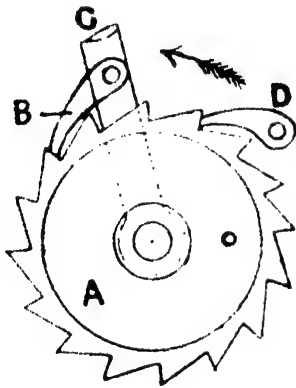
આકૃતિ ૧૨.

લીવરને આમતેમની ગતિ મળશે.

જોઈતી હોય તો નળાકાર કેમ વાપરવામાં આવે છે. નળાકાર કેમની બહારની પરિધની સપાટી ઉપર એક ગાળો કાપવામાં આવે છે. જે આ ગાળો પરિધને ફરતે પસાર થતો માત્ર ગોળાકાર હશે, તો લીવરની આમ તેમની ગતિ મળશે નહીં; પણ જે તે ગાળાને આકૃતિ ૧૨માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ખાંચાવાળો બનાવવામાં આવે, તો

**રેચેટ વ્હીલ અને પોલ (Ratchet Wheel and Pawl).**—દાંતાનાં ચક્કર જે આમતેમ ફરતા દુકા જેને “ક્લિક” (click) અથવા “પોલ” (pawl) કહેવામાં આવે છે તે વડે આંતરે આંતરેની ગોળાકાર ગતિ મેળવે છે તેને “રેચેટ વ્હીલ” કહેવામાં આવે છે. રેચટ વ્હીલ્સ બુદ્ધા બુદ્ધાં આકારના બનાવવામાં આવે છે

અને તેઓ જુદાં જુદાં કામ માટે વપરાય છે. દાખલા તરીકે, મોટાં અને નાનાં ધડીઆળામાં બીજાં સાંચાકામને અડચણ કર્યા વિના સ્પ્રીંગ અથવા વજનને લપેટી શકાય તે માટે ધણું કરીને રેચેટ વ્હીલ વપરાય છે. વળી હાથ વડે વેહ પાડવા માટેનાં રેચેટ બ્રેસ (Ratchet Brace)માં રેચેટ વ્હીલનો ઉપયોગ થાય છે, અને ધણું યંત્રોમાં શીડ (feed) આપવાની રચનાને ચલાવવા માટે રેચેટ વ્હીલ વપરાય છે. યંત્રોમાં જ્યાં શીડ આપવાની રચનાને ચલાવવા માટે રેચેટ વ્હીલ અને પોલ વપરાય છે ત્યાં આમતેમ ફરતાં એક લીવર ઉપર બેસાડેલી પીન ઉપર આપેલા પોલ અથવા ક્લીક વડે રેચેટ વ્હીલને ચલાવવામાં આવે છે. જે લીવર ઉપર પોલને બેસાડેલો છે તેને જે શાફ્ટ ઉપર રેચેટ વ્હીલ ચાવીથી સળંગડ કરેલું છે તે શાફ્ટ ઉપર આમતેમ ફરી શકે એમ હીલું બેસાડેલું છે. આકૃતિ ૧૩માં આ રચના બતાવી છે. એમાં A રેચેટ વ્હીલ છે અને B



પોલ છે જેને લીવર C સાથે જોડેલી એક પીન ઉપર બેસાડેલો છે. લીવર Cને રેચેટ વ્હીલ Aની ધરીની આસપાસ આમતેમની ગતિ હોય છે. જ્યારે લીવર C તીરની દિશામાં ચાલે છે ત્યારે રેચેટ વ્હીલના દાંતા સાથે પોલ B ભેરવાય છે, અને લીવર અન રેચેટ વ્હીલ એક ટુકડે હાય એમ બન્ને સાથે ચાલે છે. જ્યારે લીવર C ઉલટી દિશામાં ચાલે છે ત્યારે પોલ B

આકૃતિ ૧૩. રેચેટ વ્હીલના દાંતાનાં મથાળાં ઉપર માત્ર સરે છે, અને ધર્ષણના અવરોધને લીધે અથવા સ્થાઈ પીન ઉપર બેસાડેલા બીજા પોલ અથવા કેચ (catch) અથવા ડીટેન્ટ (detent) Dનાં કાર્યને લીધે રેચેટ વ્હીલ ઉલટી દિશામાં ફરતું મટકે છે અને ઉભું રહે છે. આ વેળાએ પોલ B પાસેના બીજા દાંતામાં પડે છે

અને જ્યારે લીવર C ફરીને તીરની દિશામાં આગળ ચાલે ત્યારે પોલ B રેચેટ બ્લીકને બીજા દાંતા જોડલાં અંતરે ફેરવવા માટે તૈયાર હોય છે. પોલને સંજોગ પ્રમાણે તેનાં પોતાનાં વજન વડે અથવા સ્પ્રીંગ વડે રેચેટ બ્લીકના દાંતા સામે દબાવી રાખવામાં આવે છે.

જો ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેવામાં આવે તો રેચેટ બ્લીકના દાંતા ઉપર કાર્ય કરતા પોલ ઉપર દાંતાનું પ્રતિકાર્ય દાંતાની ફેસ (દાંતાની જે બાજુ સાથે પોલના છેડાની બાજુ સંબંધમાં હોય છે તે બાજુ)ને લંબ હશે, અને પોલ તેની ઉપરનાં દબાણને લીધે દાંતાની બહાર ઉચ્ચકાર્ષ ન જાય તે માટે પ્રતિકાર્યનાં કાર્યની રેખા એટલે દાંતાની ફેસને લંબ એટલે કાટખૂણે આવેલી રેખા રેચેટ બ્લીકની ધરીનાં મધ્યબિંદુ અને જે પીન ઉપર પોલ બેસાડેલો છે તે પીનનાં મધ્યબિંદુ વચ્ચેથી પસાર થવી જોઈએ, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો દાંતાની ફેસને કાટખૂણે આવેલી રેખા જે પીન ઉપર પોલ બેસાડેલો છે તે પીનનાં મધ્યની નીચેથી પસાર થવી જોઈએ.

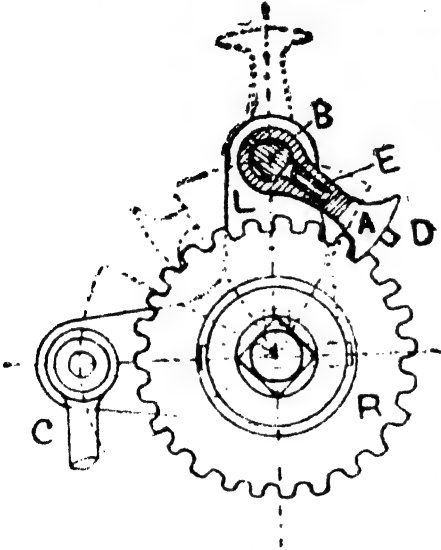
જ્યારે રેચેટ બ્લીકનો ઉપયોગ જે ધરી ઉપર તેને બેસાડેલું છે તેને પાછી ઉઘટી દિશામાં ફરી જતી અટકાવવા માટે કરવામાં આવે છે કે જેમ કેમમાં ડૂમ ઉપરથી લટકતાં વજનના બારને લીધે હાથા ઉઘટા ફરી જતા અટકાવવા માટે વપરાય છે, ત્યારે આમતેમ ચાલતાં લીવરની જરૂર પડતી નથી અને માત્ર ડીટેન્ટ (detent) વપરાય છે.

### ઉલટાવી શકાય એવા રેચેટ (Reversible Ratchet).—

જ્યારે રેચેટ બ્લીકને કોઈ પણ દિશામાં ચલાવવાની જરૂર હોય છે ત્યારે ઉલટાવી શકાય એવા રેચેટનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મશીન કુદસ, જેવાંકે પ્લેનર, શેપર, વિગેરેમાં જે સ્લાઇડ ઉપર ઓળંગ અથવા દાગીનો બોડેલો હોય છે તેને આમતેમની બન્ને દિશામાંની કોઈ પણ એક દિશામાં ફીડ (feed) આપવા માટે “રીવર્સીબલ રેચેટ” વપરાય છે. ઉલટાવી શકાય એવા એટલે રીવર્સીબલ રેચેટનો



ઉપયોગ સ્ક્રૂ-જેક ઉપર પણ માલમ પડે છે. આ રચનામાં રેચેટ વ્હીલના દાંતાના આકાર સાધારણ સ્પર વ્હીલ (દાંતાના ચક્કર)ના દાંતાના જેવા બનાવવામાં આવે છે. આકૃતિ ૧૪માં પ્લેનર અથવા



આકૃતિ ૧૪

શેપરમાં વપરાતાં ઉલટાવી શકાય એવા રેચેટની રચના બતાવી છે. એમાં રેચેટ વ્હીલ Rને જે સ્લાઇડ ઉપર ઓળંગર અથવા દાગીનો મુકવાની ટેવડ જોડેલી હોય છે તે સ્લાઇડને ચલાવનારા સ્ક્રૂ ઉપર બેસાડવામાં આવે છે. પોલ અથવા ક્લીક Aને બેલ ક્રેંક લીવર (bell-crank lever) Lના એક આર્મને છેડે સજ્જડ કરેલી પીન B ઉપર બેસાડેલો છે, અને લીવરના બીજા આર્મ સાથે જોડેલા

રના બીજા આર્મ સાથે જોડેલા

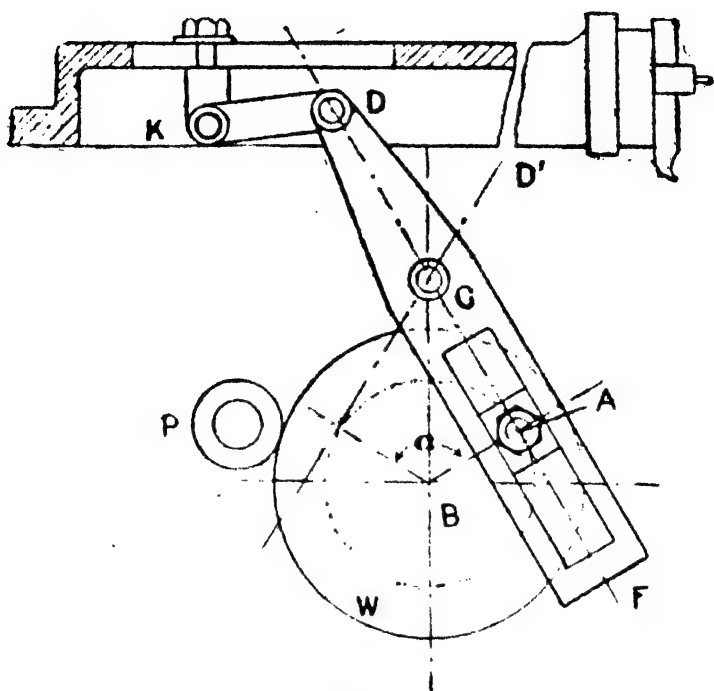
કનેક્ટીંગ રોડ (connecting rod) C વડે લીવર Lને રેચેટ વ્હીલ Rની ધરીની આસપાસ આમતેમ ફેરવવામાં આવે છે. જ્યારે ક્લીક અથવા પોલ A આકૃતિમાં બતાવેલાં સ્થાને હોય છે ત્યારે તે રેચેટ વ્હીલ Rને ધડીઆળતા કાંટાની દિશામાં ચલાવે છે. જ્યારે બીજી દિશામાં શીડ (feed) આપવા મટે રેચેટ વ્હીલ Rને ઉત્તરી દિશામાં ચલાવવાની જરૂર હોય છે ત્યારે ક્લીક અથવા પોલને નાની પીન Dની મદદ વડે ઉપાડી લીવરની બીજી બાજુ ઉપર અંકિત લીટી વડે દેખાડ્યા પ્રમાણે લાવવામાં આવે છે. જે મશીનને બંધ કર્યા વિના શીડની ગતિ બંધ કરવી હોય તો ક્લીક અથવા પોલને અંકિત લીટી વડે દેખાડ્યા પ્રમાણે ઊભી દિશામાં મુકવામાં આવે છે. પોલ અથવા ક્લીકને આ પ્રમાણે ત્રણ સ્થાનોએ મુકી શકાય તે માટે જે પીન ઉપર પોલને બેસાડેલો

છે તે પીન B ઉપર ત્રણ પેલ એટલે ફ્લેટસ (flats) બનાવેલા હોય છે એટલે તે પીનનું છેદચિત્ર (cross section) ત્રિકોણાકાર બનાવેલું હોય છે. એક સર્પાકાર (spiral) સ્પ્રિંગ પોલમાં આપેલા એક ટુકડા Eની સામે કાર્ય કરે છે, અને આ પ્રમાણે તે ટુકડો પીન B ઉપરના પેલ (ફ્લેટ) સામે દબાય છે જેથી દરેક સ્થાન પોલ રહી શકે છે. આ જાતનાં રેચેટની રચનામાં રેચેટ વ્હીલને ઉલટું ફરી જતું અટકાવવા માટે સ્લાઇડને ચલાવનારા સ્ક્રુ અને તેની નટ વચ્ચેનું ધર્ષણ પુરતું હોય છે, તેથી એમાં ડીટેન્ટ (detent)ની જરૂર પડતી નથી. બીજાં લીવર જે ઉપરથી કનેક્ટીંગ રોડ Cને આમતેમની ગતિ મળે છે તેના જે આર્મ સાથે કનેક્ટીંગ રોડનો બીજો છેડો જોડવામાં આવે છે તે આર્મમાં એક ગાળો બનાવેલો હોય છે, જે ગાળામાં કનેક્ટીંગ રોડ Cના છેડાને જોડનારી પીનને સુગમ પડતાં રચાને ગોઠવવાથી પોલ વડે રેચેટ વ્હીલના એક કરતાં વધુ દાંતા એકી વેળાએ ચલાવી શકાય છે.

**વળતી ઝડપી ચાલ અથવા ગાંત એટલે સ્વીક રીટર્ન મોશન (Quick Return Motion).—**પ્લેનોંગ મશીનમાં સ્ક્રુ અને બેવલ વ્હીલ્સની રચના વડે તેની ટેબલના વળતા સ્ટ્રોકની ચાલ ફોર્વર્ડ અથવા કટીંગ સ્ટ્રોક કરતાં ઝડપી મેળવવામાં આવે છે, જે રચના બીજા ભાગનાં પુસ્તકનાં પ્રકરણ ૮માં આપેલી આકૃતિ ૯૩માં સ્પષ્ટ દર્શાવી છે.

પ્લેનોંગ મશીનમાં ટેબલના વળતા સ્ટ્રોકની ચાલ ઝડપી મેળવવા માટેની બીજી રચના જે રેક અને દાંતાનાં ચક્કરોની હારની બનેલી છે તે બીજા ભાગનાં પુસ્તકનાં પ્રકરણ ૮માં આપેલી આકૃતિ ૯૪માં સ્પષ્ટ દેખાડેલી છે.

શેપીંગ મશીન માટે વળતી ઝડપી ચાલ મેળવવા માટેની રચના જે ફેડ અને ગાળાવાળાં (સ્લોટેડ slotted) લીવરની બનેલી છે તે આકૃતિ ૧૫માં બતાવી છે. શેપીંગ મશીનમાં દાગીનો સ્થાઈ રહે છે,



આકૃતિ ૧૫.

અને ઓગર આમતેમ ચાલી આગલા એટલે ફોર્વર્ડ સ્ટ્રોક કાપ લે છે અને વળતા સ્ટ્રોક ખાલી ચાલે છે. વખતનો બચાવ કરવા માટે આ વળતો સ્ટ્રોક કાપ લેતી વેળાના ફોર્વર્ડ સ્ટ્રોક કરતાં ઝડપી હોય છે. આમતેમ ચાલતા રેમ (ram) ઉપર આપેલાં દુક્ક-હોલ્ડરમાં ઓગરને બાંધવામાં આવે છે. રેમની આમતેમની ચાલ વળતા ઝડપી સ્ટ્રોક સાથે “ફ્રંક અને ગાળાવાળાં લીવર અથવા લીંક (link)” વડે નીચે પ્રમાણે મેળવવામાં આવે છે:—

આકૃતિ ૧૫માં દેખાડ્યા પ્રમાણે એક ગાળાવાળું લીવર અથવા લીંક DF ધરી C ઉપર આમતેમ ફરે છે અને તેના એક છેડાને શેપોંગ મશીનના રેમ સાથે સળીયા (રોડ rod) DK વડે જોડેલો છે. દાંતાનાં બીલ W ઉપર એક પીન A બેસાડી કેંક AB મેળવવામાં આવે છે. આ દાંતાનાં બીલ Wને એક સ્થાઈ ધરી B ઉપર છુટથી

એક પીનીઅન P વડે ફેરવવામાં આવે છે. જે શાફ્ટ ઉપર પીનીઅન P બેસાડેલું છે તે ઉપર સ્પીડ કોન સંજ્ઞક કરેલો હોય છે, અને તે સ્પીડ કોનને કાઉન્ટર શાફ્ટ ઉપરથી ગતિ મળે છે. કેંક ABની મદદ વડે ગાળાવાળાં લીવર DFને ગતિ આપવામાં આવે છે, જે લીવર ધરી C આસપાસ આમતેમ ફરે છે. કેંક પીન A ઉપર એક બ્લોક (block) ઢીલો બેસાડેલો છે, જે બ્લોક લીવર DFના ગાળામાં સરે છે. દાંતાનાં બ્હીલ Wનાં મધ્યબિંદુ B અને કેંક પીન A વચ્ચેનાં અંતરમાં ફેરફાર કરવાથી રેમના સ્ટ્રોકની લંબાઈમાં ફેરફાર કરી શકાય છે. આકૃતિમાં રેમ તેના સ્ટ્રોકના ડાબી તરફને છેક છેડેનાં સ્થાને ખતાવ્યો છે. આ છેક છેડેનાં સ્થાને ગાળાવાળાં લીવરની મધ્યરેખા કેંક પીનના વર્તુલ માર્ગને સ્પર્શરેખાઈપ હોય છે. તેજ પ્રમાણે જ્યારે લીવર DF અંકિત લીટી વડે દેખાડેલાં D'C સ્થાને હશે ત્યારે રેમ તેના સ્ટ્રોકના જમણી તરફને છેક છેડે હશે. ધારે કે દાંતાવાળાં ચક્કર W એટલે કેંક ABને સમાન કોણિય વેગ (એંગ્યુલર વેલોસિટી) છે, ત્યારે ડાબી તરફથી જમણી તરફના સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત જમણી તરફથી ડાબી તરફના સ્ટ્રોક માટે લેવામાં આવતા વખત કરતાં વધારે છે. આ વખતો ખૂણાઓ  $(360 - \alpha) : \alpha$ નાં પ્રમાણમાં છે, તેથી ડાબી તરફથી જમણી તરફ સૂધીનો સ્ટ્રોક કાપ લેતી વેળાનો એટલે કર્ટીંગ સ્ટ્રોક છે, અને

$$\frac{\text{કાપ લેતી વેળાના (કર્ટીંગ) સ્ટ્રોકની સરેરાશ ઝડપ}}{\text{વળતા સ્ટ્રોકની સરેરાશ ઝડપ}} = \frac{\alpha}{360 - \alpha}$$

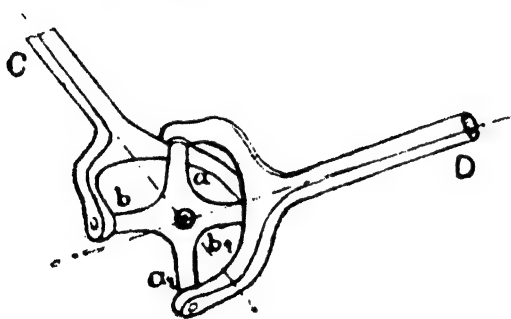
અથવા,

$$\frac{\text{કાપ લેતી વેળાના (કર્ટીંગ) સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}}{\text{વળતા સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}} = \frac{360 - \alpha}{\alpha}$$

જો આકૃતિમાં આપેલો ખૂણો  $\alpha = 120^\circ$  હોય, ત્યારે

$$\frac{\text{કર્ટીંગ સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}}{\text{વળતા સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}} = \frac{360 - 120}{120} = \frac{2}{1}$$

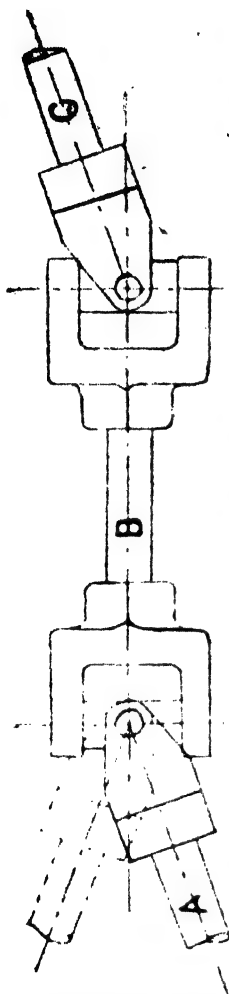
**હુકસ જોઇન્ટ અથવા યુનીવર્સલ કપ્લિંગ (Hooke's Joint or Universal Coupling).**—જ્યારે બે શાફ્ટની ધરીઓ એક બીજાને છેદે, પણ તેઓ એક સીધી લીટીમાં ન હોય ત્યારે હુકસ જોઇન્ટની મદદ વડે ચાલુ ગોળ ફરવાની ગતિને એક શાફ્ટ ઉપરથી બીજી શાફ્ટ ઉપર મોકલી શકાય છે. જ્યારે બે શાફ્ટની ધરીઓ માત્ર નામનીજ સીધી લીટીમાં હોય, પણ જે ફ્રેમ (frame) ઉપર શાફ્ટની બેરીંગો બેસાડેલી હોય છે તે ફ્રેમમાં સજ્જડપણાની કેતારીને લીધે તે શાફ્ટની ધરીઓ દરેક આંટા દરમ્યાન કેટલીક વાર સીધી લીટીની સહેજ બહાર જાય છે, ત્યારે તે બે શાફ્ટને જોડવા માટે હુકસ જોઇન્ટ અથવા યુનીવર્સલ કપ્લિંગનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. હુકસ જોઇન્ટ આવી રીતે ગોઠવાયેલી શાફ્ટો માટે નમનશીલ (ફ્લેક્સીબલ flexible) પણ અસરકારક કપ્લિંગ (coupling) બને છે. આકૃતિ ૧૬માં હુકસ જોઇન્ટ અથવા યુનીવર્સલ કપ્લિંગ બતાવી છે. એમાં બે શાફ્ટ C અને D છે, જેમની મધ્ય રેખા આડી



આકૃતિ ૧૬.

દિશામાં છે અને O આગળ એક બીજાને છેદે છે. શાફ્ટોના છેડાઓને ચીપીઆના આકારના બનાવેલા છે, અને આ ચીપીઆઓ (ફોર્ક્સ forks)ની વચ્ચે ક્રોસ (cross ચોકડીના આકારના ટુકડો)  $aa_1$  અને  $bb_1$  બેસાડેલા છે. ક્રોસના આર્મ એટલે હાથાઓ એક બીજાને કાટખૂણે છે, અને તેમની ધરીઓ શાફ્ટની ધરીઓનાં છેદન બિંદુ O આગળ છેદાય છે. આ ક્રોસના ચારે આર્મ એટલે હાથાઓ એક સરખી લંબાઈના છે અને તેમને ચીપીઆ (forks)

રનો ટુકડો)  $aa_1$  અને  $bb_1$  બેસાડેલા છે. ક્રોસના આર્મ એટલે હાથાઓ એક બીજાને કાટખૂણે છે, અને તેમની ધરીઓ શાફ્ટની ધરીઓનાં છેદન બિંદુ O આગળ છેદાય છે. આ ક્રોસના ચારે આર્મ એટલે હાથાઓ એક સરખી લંબાઈના છે અને તેમને ચીપીઆ (forks)



સાથે એવી રીતે જોડેલા છે કે જોથી તેઓ તેમની ધરીની આસપાસ છુટથી ફરી શકે. જ્યારે બન્ને શાફ્ટ ફરે છે ત્યારે  $\alpha\omega$  ની મધ્ય રેખા એક વર્તુલ દોરે છે જે વર્તુલનું ક્ષેત્ર શાફ્ટ C ની મધ્ય રેખાને લંબ (perpendicular) છે, અને  $\beta\omega$  ની મધ્ય રેખા એક વર્તુલ દોરે છે જે વર્તુલનું ક્ષેત્ર શાફ્ટ D ની મધ્ય રેખાને લંબ છે. જ્યારે આ ક્ષેત્રો એક બીજાને ઢળનાં છે, ત્યારે કોઈ પણ પળે D નો કોણિયવેગ (અંગુલર વેલોસિટી) C નો કોણિય વેગથી જુદો છે, પણ સરેરાશ કોણિયવેગો એક બીજાને સરખા છે, કારણ કે એક વેળા શાફ્ટ D શાફ્ટ C કરતાં ઝડપથી ચાલે છે, અને બીજી વેળા ધીમેથી ચાલે છે. જ્યારે બે શાફ્ટ એક બીજાને  $60^\circ$  અથવા તેથી ઓછા ખૂણાએ ઢળતી હોય ત્યારે ટુકસ જોઈન્ટ કામ કરશે નહિ.

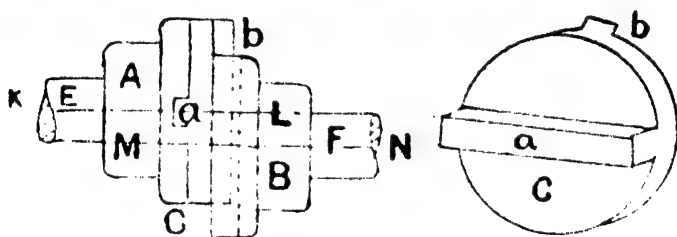
**દમક ટુકસ જોઈન્ટ.**—ટુકસ જોઈન્ટ વડે જોડેલી બે શાફ્ટોની ગતિ કોઈ પણ પળે એક સરખી હોતી નથી. આ મુશ્કેલી ટાળવા માટે એકને બદલે બે ટુકસ જોઈન્ટ એટલે બેવડો (દમક) ટુકસ જોઈન્ટ વપરાય છે. બે શાફ્ટને આ દમક ટુકસ જોઈન્ટ વડે જોડવાથી કોઈ પણ

આકૃતિ ૧૭ પળે તેમની ગતિ એક સરખી રહે છે. આકૃતિ ૧૭માં દમક ટુકસ જોઈન્ટ બતાવ્યો છે. શાફ્ટને છેડે બનાવેલા ત્રીપીઆઓ (forks) ને વચગાળે આપેલી એક લીંક અથવા શાફ્ટ B સાથે બે કેસના આર્થ (હાથાઓ) વડે જોડેલા છે જે વચગાળેની શાફ્ટ B બીજી બે શાફ્ટ A અને C ને એકસરખી રીતે ઢળતી હોય, તે પહેલા જોઈન્ટમાંથી થતાં ગતિનાં સંચારણ વડે ગતિમાં ઉત્પન્ન થતી અસમતા બીજા જોઈન્ટ વડે ઉત્પન્ન થતી સરખી અને ઉલટી

અસમતા વડે બરાબર નષ્ટ થાય છે તેટલા માટે શાફ્ટ A અને C દરેક પળે એકજ સરખી ઝડપે ફરે છે બેવડો એટલે દબાવ હુકસ જોઈન્ટ ગમે તો બે છેડેની ધરીઓ એકબીજાને ઢળતી હોય અથવા સમાંતર હોય પણ એક સીધી લીટીમાં ન હોય તોપણ એકસરખી સારી રીતે કામ કરે છે.

એકવડો (સીંગલ) અને બેવડો (દબાવ) હુકસ જોઈન્ટ નિયમ તરીકે માત્ર હત્રકાં કામો માટે વપરાય છે.

**ઓલ્ડહૅમ્સ કપ્લીંગ (Oldham's Coupling).**—જ્યારે બે શાફ્ટની ધરીઓ એકજ લીટીમાં ન હોય પણ એક બીજાને સમાંતર હોય અને તેમનાં વચ્ચેનું અંતર નાનું અને ફેરફાર થતું હોય ત્યારે તે શાફ્ટને “ઓલ્ડહૅમ્સ કપ્લીંગ” વડે જોડવામાં આવે છે, જેથી એક શાફ્ટ બીજી શાફ્ટને ચલાવશે. આકૃતિ ૧૮માં ઓલ્ડહૅમ્સ કપ્લીંગ બતાવી છે. એમાં KL અને MN બે શાફ્ટની મધ્ય રેખાએ A અને B ફ્લેન્જ (flanges) છે. ફ્લેન્જ A ને શાફ્ટ E સાથે અને ફ્લેન્જ B ને શાફ્ટ F સાથે સજગડ કરેલી છે અથવા



આકૃતિ ૧૮.

ધડીને શાફ્ટ સાથે એકજ ટુકડે બનાવેલી છે આ બે ફ્લેન્જની વચ્ચે એક ટુકડો C હોય છે Cની બન્ને બાજુ ઉપર ઉપસેલા પાસાદાર ભાગો અથવા ટુકડાઓ a અને b એક બીજાને કાટખૂણે આવે એમ બનાવેલા છે, અને આ ટુકડાઓ આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે ફ્લેન્જ A અને Bમાં બનાવેલા તેનેજ મળતા ગાળામાં બેસે છે. એ તો દેખીતું છે કે ફ્લેન્જ A જેટલો ખૂણો ફરે છે તેટલોજ ખૂણો C ફરે છે, અને જેટલો ખૂણો C ફરે છે તેટલોજ ખૂણો ફ્લેન્જ B ફરે છે; ત્યારે, દરેક પળે A, C, અને B એકજ સરખી ઝડપે ફરશે.

## એકસસાઈઝ ૪થી.

૧. એક એજ કેમ ( edge cam )ની રૂપરેખા ( પ્રોફાઈલ ) દોરો કે જે વડે એક સળીયાને ઉભી દિશામાં આમતેમની સમાન ગતિ આપવાની છે. સળીયો જેટલી ઝડપે ઉપર ઉંચકાય છે તેટલીજ ઝડપે નીચે પડે છે. સળીયાને છેડે જોડેલા રોલરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૬ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૪ ઇંચ છે અને આમતેમ ચાલતા સળીયાની ચાલની રેખા કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય છે.

૨. પહેલા દાખલામાં આપેલાં અંતરો અને માપો લઈ એક ફેસ કેમ ( face cam ) માટેનો ગાળો દોરો.

૩. નીચે પ્રમાણેનું કામ કરવા માટેના કેમની રૂપરેખા ( પ્રોફાઈલ ) દોરો:-સળીયાને સમાન ગતિએ ઉભી દિશામાં ૬ ઇંચની ઉંચઈએ ઉપાડવાનો છે; ત્યારબાદ તેને સમાન ગતિએ ઉપલી દિશાની ચાલની ઝડપથી અર્ધી ઝડપે નીચે ઉતારવાનો છે; આ ઉપલી અને નીચલી દિશાની બન્ને ચાલો સમાન ઝડપે ફરતા કેમના એક આંટામાં મેળવવાની છે. કેમ ઉપર કાર્ય કરતાં રોલરનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, અને કેમનાં મધ્યની ફરતે ધાતુની ઓછામાં ઓછી જડાઈ ૨ ઇંચ રાખવાની છે. ચાલતા સળીયાના સ્ટ્રોકની રેખા કેમનાં મધ્યમાંથી પસાર થાય છે. આકૃતિ ઉપર કેમની ફરવાની દિશા દર્શાવો.

૪. એક સળીયાને ઉભી દિશાની આમતેમની સમાન ગતિ આપવા માટેના એજ કેમની રૂપરેખા ( પ્રોફાઈલ profile ) દોરો કે જે વડે સળીયાને ઉપર ચઢતાં જેટલો વખત લાગે તેના ૩ જેટલો વખત નીચે ઉતરતાં લાગે. કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૩ ઇંચ છે. સળીયાની ચાલની રેખા કેમ શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય છે. કેમની ફરવાની દિશા આકૃતિ ઉપર દર્શાવો.



૫. કાચી ધાતુને કચડી ભુકો કરવા માટેની કર્શિંગ મીલ (crushing mill)નાં માથાંને કેમના એક આંટા દરમ્યાન સમાન રીતે ઉચે ઉપાડી તેજ આંટાને અંતે તેને તાત્કાલીક નીચે પાડવા માટેના એજ કેમની રૂપરેખાની આકૃતિ દોરો. કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્ય-બિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૧૨ ઇંચ છે, માથું ૫ ઇંચની ઉચાઈએથી નીચે પડે છે, અને રોલરનો વ્યાસ ૧૩ ઇંચ છે.

૬. નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણેની આમતેમની ગતિ સળીયાને આપવા માટેના સમાન ગતિએ ફરતા એક કેમનો આકાર દોરો. દરેક સ્ટ્રોક દરમ્યાન સળીયાને સાદી હરાત્મક ગતિ (harmonic motion) આપવાની છે. કેમના અર્ધા આંટા દરમ્યાન સળીયો ઉપર ઉચકાય છે અને  $\frac{1}{2}$  આંટા દરમ્યાન તે નીચે ઉતરે છે. સ્ટ્રોકના દરેક છેડે વખતના સરખા ગાળા દરમ્યાન તે સળીયો ઉભો રહે છે. સળીયાનો સ્ટ્રોક ૩ ઇંચનો છે. સ્ટ્રોકની રેખા કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય છે. કેમ ઉપર કાર્ય કરતાં રોલરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. કેમની ધરીનાં મધ્યબિંદુથી રોલરની ધરીનાં મધ્યબિંદુ સુધીનું ઓછામાં ઓછું અંતર ૨ ઇંચ છે. કેમની ફરવાની દિશા આકૃતિ ઉપર દર્શાવો.

૭. એક સળીયાને ઉભી દિશાની આમતેમની સમાન ગતિ આપવા માટેના કેમની રૂપરેખા દોરો. આ કેમના અર્ધા આંટા દરમ્યાન સળીયો ઉપર ઉચકાય છે, ત્યાર પછી  $\frac{1}{2}$  આંટા દરમ્યાન તે ઉભો રહે છે અને આંટાના બાકીના ભાગ દરમ્યાન તે એક સરખી રીતે નીચે ઉતરે છે. કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૬ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૩ ઇંચ છે. સળીયાની ચાલની રેખા કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુની એક બાજુએ  $\frac{1}{2}$  ઇંચ દુર આવેલાં બિંદુમાંથી પસાર થાય છે. કેમ ઉપર કાર્ય કરતાં રોલરનો વ્યાસ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ છે.

૮. ગીઅર પાછું ફરી જતું અટકાવવાને માટે વપરાતાં રેચેટ વ્હીલ અને ડીટેન્ટની આકૃતિ દોરો.

૯. રેચેટ બ્રેસની આકૃતિ દોરી તેમાં રેચેટ બ્લીક અને પોલનો ક્વી રીતે ઉપયોગ થાય છે તે સ્પષ્ટ દર્શાવો.

૧૦. પ્લેનીંગ મશીનમાં ઓગરને પોતાની મેળે ફીડ આપવા માટે વપરાતાં રેચેટ ફીડ મોશનની આકૃતિ દોરો.

૧૧. શેપીંગ મશીનમાં ઝડપી વળનો સ્ટ્રોક અથવા ચાલ (ક્વીક રીટર્ન મોશન) મેળવવા માટેની યાંત્રિક રચનાનું આકૃતિ સાથે વર્ણન કરો.

૧૨. બે શાફ્ટની ધરીઓ જોમની દિશાઓ એક બિંદુમાં મળતી હોય તેને જોડવા માટેના હુકસ જોઇન્ટનું આકૃતિ સાથે વર્ણન કરો.

૧૩. દબલ હુકસ જોઇન્ટની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો, અને સીંગલ જોઇન્ટને બદલે ઓક્સ દાખલામાં તેને શા માટે વાપરવામાં આવે છે તે સમજાવો.

૧૪. ૨૦ દાંતાવાળું એક પીનીઅન એક સીવા રેકમાં કાર્ય કરે છે. પીનીઅનના દાંતાનો પીચ  $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે. પીનીઅન-શાફ્ટ ઉપર સજ્જડ કરેલાં ૪૦ દાંતાવાળાં એક રેચેટ બ્લીક વડે પીનીઅનને ચલાવવામાં આવે છે, તો રેચેટ બ્લીકનો દરેક દાંતો ચાલતાં રેક કેટલા ઇંચ આગળ ચાલશે ?

૧૫. ઓલડહેમ્સ ક્લર્પીંગની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો અને આ જાતની ક્લર્પીંગ ક્યાં વપરાય છે તે સમજાવો.

## પ્રકરણ પમું.

પદાર્થોના બળ (Strength of Materials).  
સ્પ્રિંગ (વૈકારિક ભેમ). સ્પ્રિંગ (વિકાર). ઇલેસ્ટીક  
લિમિટ (સ્વાયત્ત સીમા). મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટી-  
સીટી (સ્થાપક પ્રમાણ). રીસીલીએન્સ.

યંત્ર કામમાં વપરાતા પદાર્થોના કેટલાક ગુણો.—વસ્તુ  
(મટ્ટર matter) ના ગુણો અગણિત છે, પણ તેમને બે વર્ગમાં  
વહેંચી શકાય : (૧) વાસ્તવિક (essential) ગુણો, અને (૨) અનિ-  
શ્ચિત (contingent) ગુણો. જે ગુણો વિના પ્રકૃતિ કદાચિત નભી શકે  
તે વાસ્તવિક ગુણો છે. અનિશ્ચિત ગુણો એવા છે કે જે પ્રકૃતિમાં માલમ  
પડે છે, પણ જે વિના તે નભી શકે એમ આપણે કલ્પના કરી શકીએ.

### વાસ્તવિક ગુણો:—

૧. પ્રસાર (Extension).—એ એવો ગુણ છે જે વડે  
દરેક પદાર્થ ચોક્કસ વિસ્તાર અથવા કદ રોકવું જોઈએ. જ્યારે આપણે  
કહીએ છીએ કે એક પદાર્થને બીજા પદાર્થ જેટલુંજ કદ છે ત્યારે  
આપણે એવું સુચવતા નથી કે તે પદાર્થમાં બીજા પદાર્થ જેટલોજ  
પ્રકૃતિનો જથ્થો છે, પણ માત્ર એટલુંજ સુચવીએ છીએ કે તે એક  
પદાર્થ જેટલી જગ્યા રોકે છે તેટલીજ જગ્યા બીજો પદાર્થ રોકે છે.

૨. અભેદતા (Impenetrability).—એ પ્રકૃતિનો  
એવો ગુણ છે કે જે વડે દરેક પદાર્થ તે જે જગ્યા રોકે છે તેમાંથી  
બીજા સધળા પદાર્થોને દુર કરે છે, અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ  
તો બે પદાર્થો એકી વેળાએ એકજ જગ્યામાં સમાઈ શકશે નહીં.

## અનિશ્ચિત ગુણો:—

૧. ભાજ્યતા એટલે વહેંચાઈ જવાનો ગુણ (Divisibility).—એનો અર્થ એ થાય છે કે પ્રકૃતિને ભાગોની મોટી સંખ્યામાં વિભક્ત કરી શકાય, પણ ખેલદ ભાગોમાં વિભક્ત કરી શકાય નહી. પ્રકૃતિનાં છેવટનાં સૌથી નાનાં એટલે અતિસૂક્ષ્મ રજકણને “પરમાણુ” એટલે “એટમ” (atom) કહે છે, જેનો અર્થ “વિભાગ ન થઈ શકે” એવો થાય છે.

૨. સછિદ્રતા (porosity).—એનો અર્થ એ થાય છે કે દરેક પદાર્થમાં પોતાના જથ્થાના દરેક ભાગમાં થોડે યા ઘણું અંશે ખારિક જગ્યાઓ અથવા છિદ્રો હોય છે. દરેક જાણીતા પદાર્થમાં આ પ્રમાણે હોય છે એમ સાબિત થયું છે. આ જગ્યાઓ અતિશય સ્થિતિસ્થાપક સૂક્ષ્મવાયુ જેને “ઈથર” (ether) કહે છે તેનાથી ભરેલી હોય એમ ધારવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે, જ્યારે હાઈડ્રોલીક પ્રેસનાં પોલાદ અથવા ખીડનાં સીલીન્ડરની અંદર અતિશય દબાણ લગાડવામાં આવે છે, ત્યારે પાણી અંદરના ભાગમાંથી બહારની બાજુએ ધાતુમાંથી થઈને ધીમે ધીમે ઝરે છે.

૩. ગુરુત્વ (Density).—આ ગુણથી એક પદાર્થ તેમાં પ્રકૃતિનો જે જથ્થો સમાયલો હોય છે તેનાં સંબંધમાં ખીજન પદાર્થથી જુદો પડે છે.

૪. સંગઠન એટલે વળગી રહેવાનો ગુણ (cohesion).—આ ગુણથી પ્રકૃતિનાં પરમાણુઓ અદૃશ્ય અથવા અતિશય નાનાં અંતરોએ એક ખીજને પરરપર ખેંચે છે, તેટલા માટે તે ગુરુત્વાકર્ષણથી જુદો છે, કારણ કે ગુરુત્વાકર્ષણ સઘળાં અંતરોએ કાર્ય કરે છે. એનો સ્પષ્ટ છે કે આ ગુણ વિના આપણને નક્કર પદાર્થ મળી શકતે નહી, કારણ કે જો નક્કર પદાર્થને તેનો એક ભાગ પકડીને ઉપાડવામાં આવે, તો બાકીનો ભાગ તે ભાગ સાથે વળગી રહે છે, અને આખો પદાર્થ વળગણુને લીધે સાથે રહે છે.

૫. સંકોચ્યતા એટલે સંકોચાય એવો ગુણ (compressibility) અને પ્રસરી શકે એવો ગુણ (dilatability).—

આ ગુણો સઘળા પદાર્થોમાં સામાન્ય હોય છે, જેના વડે તેઓ ધણે યા થોડે અંશે વાદળી (sponge)ની માફક દબાઈ શકે છે, અથવા રબરના દુકડાની માફક ખેંચાઈ શકે છે.

૬. કડકાઈ (Rigidity).—એનો અર્થ એ થાય છે કે જ્યારે પદાર્થ ઉપર બહારનાં જોર લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે તેના આકારમાં ફેરફારની સામે થતી કઠણતા. નહીં વળી શકે એવા પદાર્થો જેમાં આ ગુણુ ધણે અંશે હોય છે તેને “કડકા” પદાર્થો કહેવામાં આવે છે, અને જે પદાર્થો તૂટી ગયા શિવાય સહેલાઈથી દબાણને આધીન થાય છે તેને “નરમ” પદાર્થો કહેવામાં આવે છે. જે પદાર્થો તૂટી ગયા શિવાય આકારના ફેરફારની સામે થઈ શકતા નથી તેને “ખરડ” (brittle) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે, અને જે પદાર્થો આકારના ફેરફારની સામે થાય છે પણ તેજ વેળાએ તેઓ પોતાનો આકાર ફેરવે છે તેને “ચિત્ત” (tough) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે.

૭. ચિટ્ટાઈ એટલે ચિત્તપણું (Tenacity).—જ્યારે એક પદાર્થ ઉપર છુટા પાડવાનું ખેંચાણ કરવામાં આવે છે ત્યારે તે પદાર્થ તે ખેંચાણની સામે વળગણુ (cohesion)ને લીધે જે અવરોધ કરે છે તે ચિત્તપણું (tenacity) છે, અને તેને તે પદાર્થનાં હેતુચિત્તના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ખેંચાણનાં જોર (tensile strength) વડે પૈડમાં માપવામાં આવે છે. જ્યારે આપણે સ્પ્રિંગ અને સ્પ્રિંગની બાબત ઉપર આવીશું ત્યારે ધાતુઓ વિગેરેની, બાબતમાં આ ગુણુ ઉપર વિચાર કરીશું.

૮. દીપી શકાય એવો ગુણુ (Malleability)—આ એવો ગુણુ છે કે જેનાથી ચોક્કસ નક્કર પદાર્થોને તૂટી ગયા શિવાય એક આકાર ઉપરથી બીજા આકારમાં દબાવી શકાય છે, અથવા રોલિંગ મશીનમાં રોલર વડે અથવા હથેડા વડે ફેલાવી અથવા લંબાવી શકાય છે. તેટલા માટે આ ગુણુ પદાર્થનાં નરમાશ (softness), ચિત્તપણુ (tenacity), અને વળવાથી તૂટી જવાની સામે થતા ગુણુ (toughness) ઉપર આધાર રાખે છે. કોઈ પણ બીજી ધાતુ કરતાં સોનું આ ગુણુ ધણે મોટે

અંશે ધરાવે છે, અને તેથી સોનાનાં પત્રાં એક ઇંચના હજારમાં ભાગ કરતાં પણ ઓછી જાડાઈનાં મળે છે. ગ્રાંબુ ટીપી શકાય એવી ઉપયોગી ધાતુઓમાંનો એક ધાતુ છે, અને તેને નક્કર પાટ (ingot) માંથી ઘણાં ગુંથવણુ લેરેલા આકારોમાં ટીપીને બનાવી શકાય છે. સ્વીડન દેશમાંથી આવતું લોટું જે સ્વેડીશ આયરન (Swedish Iron) ને નામે ઓળખાય છે અને જેમાંથી ઘોડાની નાળના ખીલા, વિગેરે બનાવવામાં આવે છે તે પણ ઘણું ટીપી શકાય એવું છે, અને તેટલા માટે લુહારો આ જાતનાં લોહાંને ઘણું પસંદ કરે છે.

૯. ક્ષણીયતા એટલે તાર ખેંચાય એવો ગુણ (Ductility).—એ ગુણથી કેટલીક ધાતુઓને ડાઘ પ્લેટમાંથી ખેંચી તાર અથવા નળીઓ બનાવી શકાય છે. આ ગુણ મુખ્યત્વે ફરીને ચિત્તપણા (tenacity) ઉપર અને વાળવાથી તૂટી જવાની સામે થતા ગુણ (toughness) ઉપર આધાર રાખે છે.

૧૦. સ્થાપકતા અથવા સ્વાચ્છ (elasticity).—આ ગુણ કેટલાક નક્કર પદાર્થોમાં ઘણું યા થોડું અંશે હોય છે. આ ગુણથી જે જોર વડે તે નક્કર પદાર્થોના આકાર બદલાયા હોય તે જોર ઉપાડી સીધા પછી તે પદાર્થો પોતાના અસત્ત આકાર અને કદ પાછાં મેળવે છે. આપણે હવે પછી જોઈશું કે સ્થિતિસ્થાપકતાની હદ હોય છે, જે હદ ઉપરાંત પદાર્થો પોતાનું અસત્ત ખરેખરું કદ અથવા આકાર પાછાં મેળવશે નહીં.

૧૧. વિલયિત્ય એટલે પીગળી જવાનો ગુણ (fusibility).—આ ગુણથી ધાતુઓ અને ખીજા ઘણા પદાર્થો, જેવાકે, રાણ (resin). ચરખી, વિગેરેને અમુક ઉષ્ણતામાન (ટેમ્પરેચર) સુધી ગરમ કરતાં તેઓ પીગળી જઈ પ્રવહી બને છે. નીચે આપેલા કોઠામાં કેટલીક ધાતુઓ અને ખીજા પદાર્થોનાં પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન (melting temperatures અથવા melting points) આપેલાં છે.

પદાર્થોનાં પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન ૧૧૩

ઘાતુઓ અને બીજા પદાર્થોનાં દ્રવતપમાન એટલે પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન (ટેમ્પરેચર)નો કોડો.

ઘાતુઓ અને બીજા પદાર્થો.	પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન.	
	ફેરેન્હાઈટ અંશમાં.	સેન્ટીગ્રેડ અંશમાં
ગંધકનો તેજામ (સલ્ફરસ એસીડ)	-૧૪૮	-૧૦૦
કારબોનીક એસીડ	-૧૦૮	-૭૭-૮
પારો (મર્ક્યુરી)	-૩૯-૫	-૩૯-૫
ટરપેન્ટાઇન	૧૪	-૧૦
ચરબી (ટેલો)	૯૨	૩૩-૩
મીણુ (વેક્સ)	૧૪૯	૬૫
ગંધક (સલ્ફર)	૨૩૯	૧૧૫
કલાઇ (ટીન)	૪૪૨	૨૨૮
બીસ્મથ	૫૦૯	૨૬૫
સીસું (લેડ)	૬૧૭	૩૨૫
જસત (ઝીંક)	૭૭૯	૪૧૫
સુરમાની ઘાતુ (એન્ટીમની)	૮૧૦ થી ૧૧૫૦	૪૩૨ થી ૪૬૧
એલ્યુમીનીયમ	૧૧૫૭	૬૨૫
કાંસુ (બ્રોન્ઝ)	૧૬૮૮	૯૨૦
રૂપું (સીલ્વર)	૧૭૫૦	૯૫૪
પીતળ (બ્રાસ)	૧૮૮૬	૧૦૩૦
ત્રાંબુ (કોપર)	૧૯૩૧	૧૦૫૫
સોનું (ગોલ્ડ)	૧૯૫૦	૧૦૬૫
ઘોળું બીડ (બહાઇટ કાસ્ટ આયરન)	૨૦૭૫	૧૧૩૫
ભુરું બીડ (ગ્રે કાસ્ટ આયરન)	૨૨૫૦	૧૨૩૨
સખત પોલાદ (હાર્ડ સ્ટીલ)	૨૫૮૮	૧૪૨૦
નરમ પોલાદ (માઇલ્ડ સ્ટીલ)	૨૬૮૭	૧૪૭૫
નીકલ	૨૬૪૦	૧૪૪૯
ઘડતર લોહું (શાટ આયરન)	૨૯૧૨	૧૬૦૦
પ્લેટીનમ	૩૨૨૭	૧૭૭૫
મૅગેનીઝ	૩૪૫૨	૧૯૦૦

**ભાર એટલે લોડ (Load).**—જ્યારે એક પદાર્થ ઉપર જોર અથવા જોરો લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તે પદાર્થ લંબાય દબાય, વળી જાય, અમળાય, અથવા કપાઈ જાય, અથવા લંબાવાનું, દબાવાનું, વળી જવાનું, અમળાવાનું, અથવા કપાઈ જવાનું વલણ કરે, ત્યારે તે લાગુ પાડેલાં કુલ જોરને “લોડ” (load) એટલે “ભાર” કહે છે; અથવા જુદા જુદા ભાગોને જેડીને બનાવેલી રચના એટલે સ્ત્રક્ષર (structure) ઉપર તેનાં પોતાનાં વજન સુદ્ધાં જે કુલ વજન પડે છે અને જેનાથી તેનો આકાર બગડવાનું અથવા તૂટી જવાનું વલણ થાય છે તે કુલ વજનને પણ “લોડ” (load) કહે છે.

**અચેતન ભાર એટલે ડેડ લોડ (Dead Load).**—જે લોડનું દબાણ કશો પણ ફેરફાર થયા વિના હમેશાં એકસરખું ચાલુ રહેતું હોય તેના લોડને “ડેડ લોડ” (dead load) કહેવામાં આવે છે; દાખલા તરીકે, મકાનની દીવાલો ઉપર પડતું છાપરાનું વજન “ડેડ લોડ” છે.

**ચેતન ભાર એટલે લાઈવ લોડ (Live Load).**—જે લોડ વારંવાર ફેરફાર થયા કરતો હોય તેને “લાઈવ લોડ” (live load) કહેવામાં આવે છે; દાખલા તરીકે, પુલ ઉપરથી પસાર થતી સોલ-જરોની રેન્જમેન્ટ, ગાડીની હાર, અથવા ટ્રેન પુલ ઉપર “લાઈવ લોડ” ઉત્પન્ન કરે છે.

**સ્ટ્રેન (Strain) એટલે વિકાર.**—પદાર્થ અથવા સ્ત્રક્ષર ઉપર લોડને લાગુ પાડવાથી તે પદાર્થ અથવા સ્ત્રક્ષરની લંબાઈ અથવા આકાર અથવા બીજાં માપોમાં જે ફેરફાર થાય છે તે ફેરફારને “સ્ટ્રેન” (strain) કહે છે.

**ટાઈ-રોડ સ્ટ્રેન.**—જે એક સળીયા, ટાઈ-રોડ (tie-rod) અથવા ભારવટિયા (બીમ) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તે સળીયો, ટાઈ-રોડ, અથવા બીમ



(beam) લંબાઈની દિશામાં વધે, ત્યારે લંબાઈના એકમ દીઠ લંબાઈમાં થતા આ વધારાને “ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન” (tensile strain) કહે છે. દાખલા તરીકે, સળીયાના એક છેડાને એવી રીતે સજ્જડ કરીએ કે જ્યાં તે ઉભો લટકે, અને તેને ખીજે છેડે વજનો લટકાવીએ તો તે સળીયો લંબાઈમાં વધશે, અને લંબાઈમાં થતો આ વધારો અમુક હદ સુધી લાગુ પાડેલાં વજનનાં બરાબર પ્રમાણમાં હશે. આ બાબતમાં સ્ટ્રેન અપૂર્ણાંક છે, જે અપૂર્ણાંક લંબાઈના વધારાને અંશ તરીકે લેવાથી અને મૂળ લંબાઈને છેદમાં મુકવાથી બને છે, અથવા

$$\text{ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈનો વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

જો લંબાઈમાં થતો વધારો મૂળ લંબાઈની બરાબર હોય, ત્યારે ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન = એક છે.

ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન નીચલા નિયમોને આધીન છે:—

(૧) લંબાઈમાં થતો વધારો અમુક હદ સુધી ખેંચાણનાં જોરોનાં સીધા પ્રમાણમાં છે.

(૨) લંબાઈમાં થતો વધારો લંબાઈનાં સીધા પ્રમાણમાં છે.

(૩) લંબાઈમાં થતો વધારો છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળનાં ઉત્તર પ્રમાણમાં છે; ખીજા શબ્દોમાં કહીએ તો જો ક્ષેત્રફળ બમણું થાય તો લંબાઈમાં થતો વધારો અર્ધો થશે, કારણ કે ખેંચાણની સામે થતો ધાતુનો જથ્થો બમણો થયો છે.

દાખલો ૧.—૧૦ ફુટ લાંબા એક તારને ઉભો લટકાવી તેના નીચલા છેડાએ વજન (લોડ) લટકાવવામાં આવ્યાથી તેની લંબાઈ વધીને ૧૦ ફુટ ૧ ઇંચ થાય છે, તો સ્ટ્રેન શોધો?

લંબાઈમાં થતો વધારો = ૧ ઇંચ.

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} = \frac{૧}{૧૦ \times ૧૨} = \frac{૧}{૧૨૦} = \underline{\underline{.૦૦૮૩}}$$

**કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેન ( Compressive Strain ).**—જો એક સળીયા, ટેકા, સ્ટ્રૂટ (strut), અથવા થાંભલા (પીલર pillar) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે જેથી તે સળીયો, ટેકો, સ્ટ્રૂટ, અથવા થાંભલો દબાય અથવા લંબાઈમાં ટુંકો થાય, ત્યારે લંબાઈના એકમ દીઠ લંબાઈમાં થતા આ ધટાડાને “કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેન” કહે છે. માટે,

$$\text{કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ધટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

**દાખલો ૨.**—ટેકો આપનારા ૧૦ ફુટ લાંબા એક ઉભા થાંભલા ઉપર વજન (લોડ) આવવાથી તે લંબાઈમાં  $\frac{1}{12}$  ઇંચ ધટલો માલમ પડ્યો, તો તે ઉપર આવતું સ્ટ્રેન શોધો ?

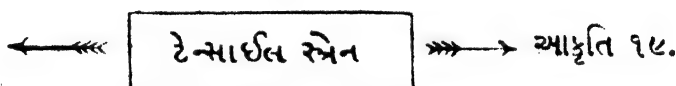
$$\begin{aligned} \text{સ્ટ્રેન} &= \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ધટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} \\ &= \frac{-\cdot 1}{10 \times 12} = \frac{-\cdot 1}{120} = \underline{\underline{0.00083}} \end{aligned}$$

**વૈકારિક જોમ એટલે સ્ટ્રેસ (Stress).**—સ્ટ્રેનની સામે થવામાં પદાર્થનાં આણુઓ વચ્ચે જે પ્રતિકારક (reactive) જોર કાર્ય કરે છે તે જોરને “સ્ટ્રેસ” કહે છે, અથવા જ્યારે પદાર્થ અથવા રચના ઉપર તેના આકાર અથવા કદમાં ફેરફાર કરે એવા જોરો (જેનોંગ ફોર્સીસ) પડે અથવા લાગુ પાડવામાં આવે, ત્યારે આ જોરોની સામે જે અંદરનાં આણુ-કાર્યો થાય છે તેને “સ્ટ્રેસ” કહેવામાં આવે છે. કેઈ પણ બિંદુ આગળનો સ્ટ્રેસ તે બિંદુ આગળનાં છેદનચિત્રના દર એરસ ઇંચ ઉપરનું જોર દર્શાવે છે. ત્યારે, જો  $P$  = છેદનચિત્રનાં કુલ ક્ષેત્રફળ (ચોરસ ઇંચમાં)  $A$  ઉપર લાગુ પાડેલું કુલ જોર અથવા લોડ હોય, ત્યારે

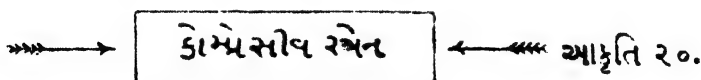
$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ જોર અથવા લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ ચો. ઇંચમાં}} = \frac{P}{A}$$

પદાર્થો અથવા સ્ત્રક્ચર્સ ઉપર પાંચ જાતનાં સ્ટ્રેસ પડે છે; જેવાં કે, (૧) ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ, (૨) કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ, (૩) બેન્ડીંગ અથવા ટ્રેન્સવર્સ સ્ટ્રેસ, (૪) શીયરિંગ સ્ટ્રેસ; અને (૫) તોર્શનલ અથવા ટ્વીસ્ટિંગ સ્ટ્રેસ; અને આ સઘળાં સ્ટ્રેસને માત્ર ટેન્સાઈલ અને કોમ્પ્રેસીવ જાતનાં સ્ટ્રેસનાં રૂપમાં લાવી શકાય છે.

(૧) ખેંચ એટલે ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ (Tensile stress).—જો એક સળીયા, ટાઈ-રોડ (tie-rod), અથવા ભારવટિયા (બીમ beam) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે જેથી તેઓ લંબાઈની દિશામાં વધવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને “ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ” કહેવામાં આવે છે.

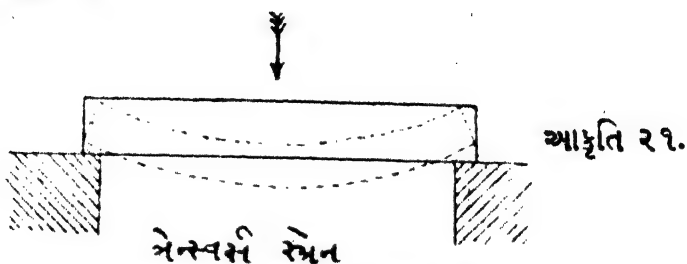


(૨) દાબ એટલે કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ (Compressive Stress).—જો એક સળીયા, ટેકા (shore), સ્ટ્રટ (strut), અથવા થાંભલા (pillar) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તેઓ દબાવાનું અથવા લંબાઈમાં ટુંકા થવાનું વલણ કરે, ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને “કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ” કહેવામાં આવે છે.

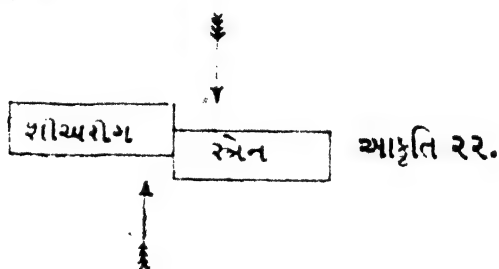


(૩) વલન એટલે બેન્ડીંગ અથવા ટ્રેન્સવર્સ સ્ટ્રેસ (Bending or Transverse Stress).—જો એક સળીયા અથવા ભારવટિયા એટલે બીમને ટેકાઓ ઉપર ટેકવી તે ટેકાઓની વચ્ચે તે સળીયા અથવા બીમ ઉપર વળન અથવા લોડને તેની ધરીને

કાટખૂણે એટલે તેનાં છેદચિત્રને સમાંતર દિશામાં મુકવામાં આવે કે જેથી તેઓ વળી જવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને “બેન્ડીંગ અથવા ટ્રેન્સવર્સ સ્ટ્રેસ” કહેવામાં આવે છે.



(૪) લંબન જોમ એટલે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ (Shearing stress).—જો એક સળીયા અથવા રીવેટ (rivet) ઉપર તેમની ધરીને કાટખૂણે એટલે તેમનાં છેદચિત્રને સમાંતર દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તેઓ કપાઈ જવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને “શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ” કહેવામાં આવે છે.



(૫) મરડ એટલે તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્ટીંગ સ્ટ્રેસ (Torsional or Twisting Stress).—જો એક સળીયા, સ્ક્રૂ, અથવા શાફ્ટ ઉપર તેમના પરિધની દિશામાં જોર અથવા લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તેઓ અમળાઈ જવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને “તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્ટીંગ સ્ટ્રેસ” કહેવામાં આવે છે.



તોશીનલ સ્ટ્રેન ) આકૃતિ ૨૩.

દાખલો ૩.—એક સળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૬ ચોરસ ઇંચ છે તેને ઉપલે છેડેથી લટકાવી નીચલે છેડે ૮૦૦ પૌંડનું વજન એટલે લોડ લટકાવવામાં આવે છે તો તે ઉપર આવતું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ શોધો ?

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૮૦૦}{૦.૨૫} = \underline{૩૨૦૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

દાખલો ૪.—ટેકા આપનારા ૧૦ ફુટ ઉંચા એક ઉભા થાંભલાનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે, અને તેનાં મથાળાં ઉપર ૮૦૦૦ પૌંડનો ભાર એટલે લોડ ટેકવાય છે, તો તે ઉપરનો કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ શોધો ?

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૮૦૦૦}{૨} = \underline{૪૦૦૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

દાખલો ૫.—છાપરાંની એક લોખંડની કેંચી (ત્રસ truss)ના ટાઈ-રોડની લંબાઈ ૫૦ ફુટ છે. છાપરાં, વિગેરેનાં વજનથી તે લંબાઈમાં ૧ ઇંચ વધે છે, તો તે ઉપરનું સ્ટ્રેન શોધો ?

$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} = \frac{૧}{૬૦૦} = \underline{૦.૦૦૧૬૭.}$$

દાખલો ૬.—દાખલા ૫માં આપેલો ટાઈ-રોડ ૦.૦૦૩નાં સ્ટ્રેનથી કેટલો લંબાશે ?

$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

$$\therefore \text{લંબાઈમાં વધારો} = \text{સ્ત્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ.}$$

$$= ૦.૦૦૩ \times ૫૦ \times ૧૨ = \underline{૧.૮ \text{ ઇંચ.}}$$

દાખલો ૭.—છંડીઆ-રખરના ૧ કુટ લાંબા સળીયાને ન્યાં સૂધી તેની લંબાઈ (૧) ૧૮ ઇંચ, અને (૨) ૨૪ ઇંચ થાય ત્યાં સૂધી તેને લંબાવવામાં આવે છે, તો દરેક વેળાએ સ્ત્રેન કેટલું હશે તે શોધો ?

$$(૧) \text{ સ્ત્રેન } = \frac{૧૬}{૨} = ૮ = \underline{૦.૫}$$

$$(૨) \text{ સ્ત્રેન } = \frac{૧૬}{૨} = ૮$$

દાખલો ૮.—એક ભારવટિયાને ટેકવનારા ૧૬ કુટ લાંબા થાંભલા ઉપર વજન પડવાથી તેની લંબાઈ ધટીને ૧૫ કુટ ૧૧.૮ ઇંચ થાય છે, તો તે ઉપર આવતું સ્ત્રેન શોધો ?

$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ધટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} = \frac{-૦.૨}{૧૬ \times ૧૨} = \frac{-૦.૨}{૧૯૨} = \underline{૦.૦૦૧૦૪}$$

દાખલો ૯.—એક બીડના થાંભલા ઉપર  $૦.૦૦૧૬$ નું સ્ત્રેન પડે છે; તેની મૂળ લંબાઈ ૧૪ કુટ છે, તો તેની ફેરવાયલી લંબાઈ શોધો ?

$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ધટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

$$\therefore \text{લંબાઈમાં થતો ધટાડો} = \text{સ્ત્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ}$$

$$= ૦.૦૦૧૬ \times ૧૪ \times ૧૨ = ૦.૨૬૮૮ \text{ ઇંચ.}$$

$$\therefore \text{ફેરવાયલી લંબાઈ} = ૧૬૮ - ૦.૨૬૮૮$$

$$= \underline{૧૩ \text{ કુટ } ૧૧.૭૩૧૨ \text{ ઇંચ.}}$$

દાખલો ૧૦.—એક સ્ટીલના તારનો વ્યાસ ૦.૧ ઇંચ છે અને તેને ૧૪ પાંડનાં જોરથી ખેંચવામાં આવે છે, તો સ્ત્રેસ શોધો ?

$$\text{તારનું ક્ષેત્રફળ} = ૦.૧ \times ૦.૧ \times ૦.૭૮૫૪ = ૦.૦૦૭૮૫૪$$

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{\text{કુલ જોર અથવા લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૧૪}{૦.૦૦૭૮૫૪}$$

$$= \underline{૧૭૮૨.૫ \text{ પાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}}$$

દાખલો ૧૧.—૧૦ કુટ લાંબા અને  $\frac{૧}{૮}$  ચોરસ ઇંચનાં છદ-ચિત્રવાળા એક તારના ટુકડાને ઉભો લટકાવી તેને નીચલે છેડે ૪૫૦

પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવતાં તે ૦૦૧૫ ઇંચ લંબાઈમાં વધે છે, તો સ્ત્રેસ અને સ્ટ્રેન શોધો ?

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૪૫૦}{\frac{૧}{૮}} = ૪૫૦ \times ૮$$

$$= ૩૬૦૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} = \frac{૦૦૧૫}{૧૦ \times ૧૨} = \frac{૦૦૧૫}{૧૨૦} = \underline{૦.૦૦૦૧૨૫}$$

દાખલો ૧૨.—એક બીડનો ચાંલલો જે ૧૨ ફુટ ઊંચો અને ૪ ઇંચ વ્યાસનો છે તે ઉપર ૩૦ ટનનું કુલ વજન પડે છે જેથી તેની લંબાઈમાં ૦.૧૨૫ ઇંચ ઘટાડો થાય છે, તો સ્ત્રેસ અને સ્ટ્રેન શોધો ?

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = ૪ \times ૪ \times ૦.૭૮૫૪ = ૧૨.૫૬૬૪$$

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{\text{કુલ વજન અથવા લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૩૦ \times ૨૨૪૦}{૧૨.૫૬૬૪}$$

$$= ૫૩૪૭.૬ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ઘટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} = \frac{૦.૧૨૫}{૧૨ \times ૧૨} = \frac{૦.૧૨૫}{૧૪૪} = \underline{૦.૦૦૦૮૬૮}$$

છેવટનું જોર અથવા તોડી નાંખનારું જોર (અલ્ટીમેટ અથવા બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ Ultimate or Breaking Stress).—દરેક જાતના પદાર્થ માટે અને લોડ (કુલ વજન અથવા જોર) લાગુ પાડવાની દરેક રીત માટે જોરની અમુક હદ હોવી જોઈએ કે જે હદ ઉપરાંત જોર સહેજ પણ વધે તો પદાર્થ તૂટી જાય છે. સારે તૂટી જવાની પહેલાં પદાર્થ જે સૌથી વધુમાં વધુ જોર ખમી શકે છે તે જોરને તે પદાર્થનાં છેદયિત્રના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ “છેવટનું જોર” એટલે “અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેસ” કહેવામાં આવે છે. ટુંકમાં કહીએ તો જે જોર વડે પદાર્થ તૂટી જવાની અણી ઉપર

આવે તે જોરને તે પદાર્થનું તેનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેન્થ અથવા પ્રેક્કીંગ સ્ટ્રેસ કહેવામાં આવે છે. જે લોડ (કુલ જોર અથવા વજન) વડે એક પદાર્થ તૂટી જવાની અણી ઉપર આવે તે લોડને તે પદાર્થનાં છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળ વડે ભાગવાથી “લંગ બળ” એટલે “અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેન્થ” અથવા “પ્રેક્કીંગ સ્ટ્રેસ” મળે છે.

**નિર્ભય ભાર એટલે સેફ વર્કીંગ લોડ (Safe working Load).**—પદાર્થ ઉપર સલામતી સાથે જે લોડ (વજન અથવા જોર) લાગુ પાડી શકાય તેને “સેફ વર્કીંગ લોડ” કહેવામાં આવે છે.

**અભયગુણક એટલે ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી (Factor of Safety).**—પ્રેક્કીંગ લોડ અને સેફ વર્કીંગ લોડ વચ્ચેનાં પ્રમાણને ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી કહેવામાં આવે છે. જુદી જુદી જાતના પદાર્થો ઉપર અને એકજ જાતના પદાર્થ માટે તેની ઉપર લોડને લાગુ પાડવાની જુદી જુદી રીતો અને સંજોગો ઉપર ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી મોટાં પ્રમાણમાં આધાર રાખે છે. જે પદાર્થોની હુમેશાં સુધી સ્થિતિમાં રાખવામાં આવતા હોય અથવા બરાબર સારી રીતે રંગ લગાડીને રાખવામાં આવતા હોય, અને જેની બરાબર સંભાળ રાખવામાં આવતી હોય તેવા પદાર્થો કરતાં જે પદાર્થો કાટથી ખવાઈ જવાને અને કાંઈ પણ જાતના અંદરના ફેરફારને આધિન હોય તેવા પદાર્થો માટે ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી વધારે મોટો હોવો જોઈએ. વળી જે પદાર્થો ઉપર લોડને આધિતો લાગુ પાડવામાં આવતો હોય અથવા જ્યાં લોડ વારાફરતી ધકકા અને ખેંચાણ હોય ત્યાં ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી મોટો વાપરવામાં આવે છે. જે પદાર્થ ઉપર લોડ સ્થિર હોય અથવા ધણે ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવતો હોય અને તેજ પ્રમાણે ઘણે ધીમે ધીમે ઉચકી લેવામાં આવતો હોય તેવા પદાર્થો માટે ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ઓછા લઘુ શકાય છે.



નીચે આપેલો કોડો વ્યવહાર ઉપરથી મેળવેલા જુદી જુદી ધાતુ અને લોડ લાગુ પાડવાની જુદી જુદી રીતો માટેના ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી આપે છે.

ધાતુઓ	એક સરખા ચાલુ રહેતા લોડ (ડોલ લોડ) માટે	વારંવાર ફેરફાર થયા કરતા લોડ (લાઈવ લોડ) માટે	ચાલતા લોડ (મુવિંગ લોડ) માટે
ધડતર લોડું	૩	૫ થી ૮	૮ થી ૧૩
નરમ પોલાદ	૩	૫ થી ૮	૮ થી ૧૩
સખત પોલાદ	૩	૫ થી ૮	૧૦ થી ૧૫
કાંસુ અને ગનમેટલ	૫	૬ થી ૮	૧૦ થી ૧૫
ખીડ અને પીત્તળ	૪	૬ થી ૧૦	૧૦ થી ૧૫

ભંગખળ એટલે અલ્ટીમેટ અથવા એક્રીંગ સ્ટ્રેન્થને ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી વડે લાગવાથી સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ મળે છે, ત્યારે

$$\text{દર ચો. ઇંચ દીઠ સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{અલ્ટીમેટ અથવા એક્રીંગ સ્ટ્રેન્થ દર ચો. ઇં. દીઠ}}{\text{ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી}}$$

દાખલો ૧૩.—એક બોયલરની પોલાદની પ્લેટનું તૂટી જવાનું જોર એટલે અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેન્થ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦ ટન છે. જો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ હોય તો તે પ્લેટ ઉપર સલામતી સાથે દર ચો. ઇંચ દીઠ કેટલું જોર (સ્ટ્રેસ) લઈ શકાય?

$$\begin{aligned} &\text{સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર દર ચો. ઇંચ દીઠ} = \\ &= \frac{\text{અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેન્થ દર ચો. ઇંચ દીઠ}}{\text{ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી}} = \frac{૩૦}{૬} = ૫ \text{ ટન} \end{aligned}$$

ધાતુઓનાં સરેરાશ અલ્ટીમેટ અથવા બ્રેકીંગ ટેન્સાઇલિ, કોમ્પ્રેસીવ, અને શીઅરીંગ એસીસ તથા સાધારણ લાઇવ લોડ (Live Load) માટે સેફ વર્કીંગ એસીસનો કોઠો:—

ધાતુઓ	દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ટેન્સાઇલ એસ (Tensile Stress) ટનમાં		દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કોમ્પ્રેસીવ એસ (Compressive Stress) ટનમાં		દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શીઅરીંગ એસ (Shearing Stress) ટનમાં	
	તૂટી જવાનું એટલે બ્રેકીંગ	સલામતી સાથે એટલે સેફ	તૂટી જવાનું એટલે બ્રેકીંગ	સલામતી સાથે એટલે સેફ	તૂટી જવાનું એટલે બ્રેકીંગ	સલામતી સાથે એટલે સેફ
બીડ (કાસ્ટ આયરન)	૭૨	૧૩	૪૫	૪	૫	૧
ઘડતર લોઢાંના ઘડેલા ભાગો (રોટ આયરન ફોર્જિંગ્સ)	૨૫	૫	૨૨	૪	૨૦	૩
ઘડતર લોઢાંની પ્લેટ	૧૮-૨૨	૪	—	૪	૧૬	૩
નરમ પોલાદ એટલે માઈલ્ડ સ્ટીલ (સાધારણ ઘડતર કામ માટે)	૩૫	૭	—	૭	—	૫
નરમ પોલાદની પ્લેટ અને રીવેટ માટેનું નરમ પોલાદ	૩૦	૬	—	૬	૨૪	૫
પોલાદ (કાસ્ટીંગ માટે)	૩૦	૫	—	૫	—	૩
મજબુત ઘડતર કામના દાગીના અને ઓગર માટે ક્રુસીબ્લ કાસ્ટ સ્ટીલ	૪૫	૮	૮૦	૮	—	૫
ત્રાપુ (કોપર)	૧૩	૨	૨૬	૨	૧૧	૧
ગનમેટલ	૧૨	૨	—	૨	—	૧
પીતળ (બ્રાસ)	૧૧	૧	—	૧	—	૧
મંઝ મેટલ	૨૨	૩	—	૩	—	૨
ફોસ્ફર બ્રાંઝ	૨૫	૪	—	૪	—	૩
મેંગેનીઝ બ્રાંઝ	૩૦	૫	—	૫	—	૩

જો લોડ (કુલ જોર અથવા વજન)ને એક ધાતુના ટુકડા ઉપર ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવે તો તે લોડ ધાતુના ટુકડાને તોડી નાંખશે નહીં, પણ જો તેજ લોડને તેજ ધાતુના ટુકડા ઉપર વારંવાર લાગુ પાડી ઉચ્ચકી લેવામાં આવે. તો તે ટુકડો છેવટે તૂટી જશે. જો એનાં કરતાં પણ ઓછા લોડને વારાફરતી ધકકો અને ખેંચાણ તરીકે તેજ ધાતુના ટુકડા ઉપર વારંવાર લાગુ પાડવામાં આવે તો તે ટુકડો તે ઓછા લોડ વડે તૂટી જશે. આ પ્રમાણે વર્તણુ કરેલી ધાતુ થાકીને નબળી પડી જવાની એટલે ફટીગ (Fatigue)ની સ્થિતિમાં આવી છે. દાખલા તરીકે, એમ માલમ પડ્યું છે કે બીસ્મરનાં નરમ પોલાદ (Bessemer Mild Steel)ની પ્લેટ જોને ધીમે ધીમે લાગુ પાડેલા લોડ સાથે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮.૬ ટનનું તૂટી જવાનું જોર (અસ્ટીમેટ સ્ટ્રેંગ્થ) હોય છે; જ્યારે તેજ પ્લેટ ઉપર જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૫.૭ ટનનું જોર વારંવાર લાગુ પાડવામાં અને ઉપાડવામાં આવે તો તે પ્લેટ તૂટી જશે; અને વળી જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮.૬ ટનનું જોર વારાફરતી ધકકો અને ખેંચાણ તરીકે વારંવાર લાગુ પાડવામાં આવે તો તે પ્લેટ તૂટી જશે.

સ્થાપકતા એટલે સ્વાગ્રહ એટલે ઇલેસ્ટીસિટી (Elasticity).—જો જોર વડે નક્કર પદાર્થોના આકાર બદલાયા હોય તે જોર તે પદાર્થો ઉપરથી ઉપાડી લીધા પછી તેનાં પોતાનાં અસલ આકાર, કદ અને વળી જોર પાછું મેળવવાની શક્તિને “સ્થાપકતા” એટલે “સ્વાગ્રહ” એટલે “ઇલેસ્ટીસિટી” કહેવામાં આવે છે.

સ્વાગ્રહ સીમા અને હુકનો નિયમ (Limit of Elasticity અને Hooke's Law).—હુકનો નિયમ વર્ણવે છે કે—“સ્ત્રેન સ્ટ્રેસનાં પ્રમાણમાં છે.” આ અમુક હદ સુધી માત્ર ખરું છે; તે હદ સુધીમાં જો લોડ (વજન અથવા જોર) દુર કરવામાં આવે તો નક્કર પદાર્થ પોતાનો મૂળ આકાર, કદ, અને જોર પાછાં મેળવે છે; પણ તે હદ

કુદાવી જવામાં આવે તો નક્કર પદાર્થ કાયમનો લંબાયલો રહે છે જેને સ્થાયી ફેરફાર એટલે પરમેનન્ટ સેટ (Permanent Set) કહે છે. જ્યાંસુધી એસનાં પ્રમાણમાં એન રહે એટલો લોડ લાગુ પાડવામાં આવે અથવા ખીજા શબ્દોમાં કહીએ તો કાયમનો ફેરફાર એટલે “સેટ” ઉત્પન્ન થાય નહીં ત્યાંસુધી લાગુ પાડેલા સૌથી વધારેમાં વધારે લોડને સ્વાગ્રહ સીમા એટલે લીમીટ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી અથવા પ્રુફ લોડ (Proof Load) કહે છે. ત્યારે જો આ લોડ ધણો વધી જાય તો તુરત ભંગાણુ થશે, અને જો તે લોડ સરખામણીમાં ઓછા જથ્થાથી વધારવામાં આવે તો સ્થાય ફેરફાર એટલે “સેટ” ઉત્પન્ન થશે, અને જો તે લોડને વારાફરતી ઉચક મેલ કર્યા કરવામાં આવે તો પદાર્થ છેવટે તૂટી જશે. ત્યારે હુકના નિયમને સંપૂર્ણ રીતે નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય:-

સ્વાગ્રહ સીમા એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટ સુધી એન એસનાં પ્રમાણમાં છે.

સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી (Modulus of Elasticity).—હુકના નિયમ વડે આપણે આગળ દર્શાવ્યું છે કે ધાતુને કસવાની (ટેસ્ટ કરવાની) ક્રિયા દરમ્યાન જો તે ધાતુ ઉપર ધીમે ધીમે જોર લાગુ પાડવામાં આવે, અને જો લોડ તે ધાતુની સ્વાગ્રહ સીમા (ઇલેસ્ટીક લીમીટ) થી વધે નહીં તો એન લોડનાં પ્રમાણમાં હશે. પરિણામે એન સાથે એસનું પ્રમાણ હુકના નિયમની હદની અંદર દરેક ચોક્કસ પદાર્થ માટે નિયત રકમ હોય છે, અને તેને તે પદાર્થનું સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી કહેવામાં આવે છે, અને તેને  $E$  અક્ષર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. પણ એસ એનનાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$\text{એસ} = E \times \text{એન}$$

$$\therefore \text{મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી} = E = \frac{\text{એસ}}{\text{એન}}$$

અથવા આગળ આપણે વર્ણવી ગયા છીએ કે જો એક નક્કર પદાર્થ ઉપર એટલી હદ સુધી જોર લગાડવામાં આવે કે જેથી તેની લંબાઈ વધીને બમણી થાય, તો જોન બરાબર એક થશે, જે માત્ર એક કલ્પના છે. જો એક નક્કર પદાર્થ જેવો કે એક સળીયા ઉપર આટલી હદ સુધી હુકના નિયમની હદમાં રહીને એટલે સ્વાગ્રહ સીમા (ઇલેસ્ટીક લીમીટ) થી વધે નહીં એમ જોર લગાડી શકાય તો જોઈતું જોર તે સળીયાનું સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી થશે; અથવા મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી =  $E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}} = \text{સ્ટ્રેસ જે એકમ જોન ઉત્પન્ન કરશે, એવું માની લઈને}$  કે આ હદ સુધી હુકનો નિયમ કાયમ રહે છે.

જોન એકમની બરાબર ઉત્પન્ન થાય તેની પુષ્કળ અગાઉ નક્કર પદાર્થમાં સ્વાગ્રહ સીમા પહોંચી જાય છે, પણ સ્વાગ્રહ સીમા સુધીજ હુકનો નિયમ કાયમ રહે છે, તેટલા માટે આ હદ સુધી મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી એટલે સ્થાપક પ્રમાણ  $E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$  છે.

**મોડ્યુલસ ઓફ ડાયરેક્ટ (સીધી) ઇલેસ્ટીસિટી અથવા યંગ્સ મોડ્યુલસ (Young's Modulus) E.**—એ સંખ્યા છે જે સ્વાગ્રહ સીમા એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટ સુધીમાં સ્ટ્રેસ અને સ્ટ્રેનનું પ્રમાણ દર્શાવે છે, અને તે વ્યવહારમાં ખેંચાણ (ટેન્શન tension) અને દબાણ (કોમ્પ્રેશન compression) માટે સરખી છે. ચારો કે,  $W =$  સળીયા ઉપરનું કુલ ખેંચાણ, દબાણ, અથવા લોડ પાંડમાં.

$A =$  સળીયાનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં.

$L =$  લોડ લાગુ પાડવાની અગાઉ સળીયાની લંબાઈ.

$l =$  લોડ લાગુ પાડ્યા પછી લંબાઈમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો.

ત્યારે,

સળીયાનાં છેદચિત્રના દર ચો. ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ =  $\frac{W}{A}$ , સ્ટ્રેન =  $\frac{l}{L}$

$$\text{અને } E = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{\text{સ્ત્રેન}} = \frac{W}{A} \div \frac{l}{L}$$

$$\therefore E = \frac{WL}{Al}$$

જો સ્ટ્રેસને ટનમાં લેવામાં આવે તો મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ટનમાં દર્શાવવામાં આવે છે, અને જો સ્ટ્રેસને પૌંડમાં લેવામાં આવે તો મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં દર્શાવવામાં આવે છે.

ચંસ મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટીના કોઠો.

પદાર્થ	મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી E દર ચો. ઇંચ દીઠ પૌંડમાં
ખીડ (કાસ્ટ આયરન)	૧૭,૦૦૦,૦૦૦
ધડતર લોહાના સળીયા (રોટ આયરન બાર્સ)	૨૬,૦૦૦,૦૦૦
ધડતર લોહાની પ્લેટ (રોટ આયરન પ્લેટ)	૨૬,૦૦૦,૦૦૦
પોલાદ (સ્ટીલ)	૩૦,૦૦૦,૦૦૦
ત્રાંચુ (કોપર)	૧૫,૦૦૦,૦૦૦
પીતળ (બ્રાસ)	૧૩,૫૦૦,૦૦૦
સાગનું લાકડું (ટીક teak)	૨,૦૦૦,૦૦૦
ઓકનું લાકડું (Oak)	૧,૫૦૦,૦૦૦

દાખલો ૧૪.—૫ ફુટ લાંબા અને ૨ $\frac{૩}{૪}$  ચોરસ ઇંચ છેદ-ચિત્રના એક પોલાદના સળીયાને એક છેડેથી લટકાવવામાં આવ્યો છે. જો પોલાદનો મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે સળીયાને ખીજે છેડે કેટલું વજન લટકાવવું જોઈએ કે જેથી તેની લંબાઈમાં ૦.૧૬ ઇંચ જેટલો વધારો થાય ?

$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{.૦૧૬}{૫ \times ૧૨} = \frac{.૦૧૬}{૬૦} = .૦૦૦૨૬$$

$$\text{મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી } E = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{\text{સ્ત્રેન}}$$

$$\therefore \text{સ્ત્રેસ} = E \times \text{સ્ત્રેન} = ૩૦૦૦૦૦૦૦ \times .૦૦૦૨૬ = ૮૦૦૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.}$$

$$\begin{aligned} \text{કુલ વજન અથવા લોડ} &= \text{સ્ત્રેસ} \times \text{ક્ષેત્રફળ} = ૮૦૦૦ \times ૨.૨૫ \\ &= \underline{૧૮૦૦૦ \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૫.**—એક લોહાનો ટાઇરોડ સ્વાગ્રહ સીમાએ એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટ તેનાં છેદચિત્રનાં દર ચારસ ઇંચ દીઠ ૧૪૫૦૦ પૌંડનાં સ્ત્રેસને આધિન છે, સ્ત્રેન .૦૦૦૫ છે, તો સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

$$E = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{\text{સ્ત્રેન}} = \frac{૧૪૫૦૦}{.૦૦૦૫} = \underline{૨૯૦૦૦૦૦૦ \text{ પૌંડ.}}$$

**દાખલો ૧૬.**—એક લોખંડનો સળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચારસ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૪૮ ઇંચ છે તે ૨૪૯૦૦ પૌંડનાં ભાર (લોડ) વડે ખેંચાય છે અને તેની લંબાઈમાં  $\frac{૩}{૪}$  ઇંચનો વધારો થાય છે, તો સ્ત્રેસ, સ્ત્રેન, અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૨૪૯૦૦}{૨} = \underline{૧૨૪૫૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} = \frac{.૨૫}{૪૮ \times ૧૨} = \frac{.૨૫}{૫૭૬} = \underline{.૦૦૦૪૩૪}$$

$$E = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{\text{સ્ત્રેન}} = \frac{૧૨૪૫૦}{.૦૦૦૪૩૪} = \underline{૨૮૬૮૬૬૩૬ \text{ પૌંડ.}}$$

**દાખલો ૧૭.**—૪૦ ઇંચ લાંબો અને ૧ $\frac{૩}{૪}$  ચોરસ ઇંચ છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળવાળો એક પોલાદનો સળીયો ૧૦ $\frac{૩}{૪}$  ટનનાં વજન વડે કેટલો લંબાશે ? પોલાદનું સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૦૦૦૦૦૦૦ પૌંડ છે.

$$\begin{aligned}\text{સ્ટ્રેસ} &= \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} \\ &= \frac{૧૦.૫ \times ૨૨૪૦}{૧.૫} = ૧૫૬૮૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}\end{aligned}$$

$$E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$$

$$\therefore \text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E}$$

$$= \frac{૧૫૬૮૦}{૩૦૦૦૦૦૦૦} = ૦.૦૦૦૫૨૨૬$$

$$\text{પણ, સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{લંબાઈમાં વધારો} &= \text{સ્ટ્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ} \\ &= ૦.૦૦૦૫૨૨૬ \times ૪૦ \times ૧૨ \\ &= ૨.૫૦૮૬૯૯ \text{ ઇંચ} = \frac{૧}{૪} \text{ ઇંચ લગભગ}\end{aligned}$$

**દાખલો ૧૮.**—૬૦ ટનનો લોડ સલામતી સાથે ખમી શકવાને માટે ધડતર લોદાના એક ગોળ સળીયાનો વ્યાસ કેટલા રાખવો જોઈએ ?

સ્ટ્રેસના ક્રાદમાં જોતાં જણાશે કે ધડતર લોદાનો સેક વર્કીંગ સ્ટ્રેસ (સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૫ ટન છે.

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\therefore \text{ક્ષેત્રફળ} = \frac{\text{લોડ}}{\text{સ્ટ્રેસ}} = \frac{૬૦}{૫} = ૧૨ \text{ ચોરસ ઇંચ.}$$

$$\text{વ્યાસ} = \sqrt{\frac{૧૨ \times ૧૭૮}{\pi}} = \sqrt{૬૫૨.૮} = ૨૫.૬ \text{ ઇંચ.}$$

**દાખલો ૧૯.**—એક એરપમ્પમાં બંકેટનાં મથાળાંની બાજુ ઉપર વાતાવરણનાં દબાણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬ પૌંડનું દબાણ પડે છે અને બંકેટને તળીયે ૨૬ ઇંચનું વેક્યુમ છે. જો બંકેટનો



વ્યાસ ૨૮ ઇંચ હોય તો તે બકેટને ઉપાડતાં ૪ ઇંચ વ્યાસના પમ્પ રોડમાં ઉત્પન્ન થતું સ્પ્રેસ શોધો? જો પમ્પ રોડ ૫ ફુટ લાંબો હોય અને મોડ્યુલસ ઓફ ઇમેસીટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે રોડ લંબાઈમાં કેટલો ખસાશે?

બકેટને ઉપાડતાં તેની ગતિની દિશાની વિરુદ્ધ દિશામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું કેવળ દબાણ =  $૬ + ૧૫ = ૨૧$  પૌંડ છે, અને ગતિની દિશામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું કેવળ દબાણ (એક્સો-લ્યુટ પ્રેશ્યર) =  $૧૫ - ૧૩ = ૨$  પૌંડ છે.

ત્યારે બકેટની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું કાર્યસાધક (effective) દબાણ =  $૨૧ - ૨ = ૧૯$  પૌંડ છે.

બકેટ ઉપર તેની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું કુલ દબાણ =  $૨૮ \times ૨૮ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૧૯ = ૧૧૬૯૯.૩૧૮૪$  પૌંડ.

બકેટને ઉપાડતાં પમ્પ રોડ ઉપર આવતો કુલ લોડ = બકેટ ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૧૧૬૯૯.૩૧૮૪$  પૌંડ.

$$\begin{aligned} \therefore \text{પમ્પ-રોડમાં ઉત્પન્ન થતું સ્પ્રેસ} &= \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} \\ &= \frac{૧૧૬૯૯.૩૧૮૪}{૪ \times ૪ \times ૦.૭૮૫૪} \\ &= \underline{\underline{૯૩૧ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.}}} \end{aligned}$$

$$\text{સ્પ્રેન} = \frac{\text{સ્પ્રેસ}}{E} = \frac{૯૩૧}{૯૦૦૦૦૦૦}$$

$$\text{સ્પ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

$$\therefore \text{લંબાઈમાં વધારો} = \text{સ્પ્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ}$$

$$= \frac{૯૩૧}{૯૦૦૦૦૦૦} \times ૫ \times ૧૨ = \underline{\underline{૦.૦૦૬૨ \text{ ઇંચ.}}}$$

**દાખલો ૨૦.**—૨ ઈંચ વ્યાસના પોલાદના પીસ્ટન રોડ ઉપર વારાફરતી ખેંચાણનું અને દબાણનું જોર આવે છે. ખેંચાણનું અને દબાણનું જોર (એસ) દરેક દર ચો. ઈંચ દીઠ ૮૦૦૦ પૌંડ છે. તે રોડની મધ્યરેખા ઉપરનાં બે બિંદુઓ A અને B વચ્ચેનું અંતર જ્યારે રોડ ઉપર લોડ આવતો ન હોય ત્યારે ૪ ફૂટ છે, તો (૧) પીસ્ટન ઉપરનો કાર્યસાધક લોડ શોધો, અને (૨) A અને B બિંદુઓ વચ્ચેનાં સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછાં અંતર વચ્ચેનો તફાવત શોધો.  $E = 30,000,000$  પૌંડ દર ચો. ઈંચ દીઠ છે.

$$(૧) \text{ કાર્યસાધક લોડ} = 8000 \times 2 \times 2 \times 12 \times 12 \\ = 241920 \text{ પૌંડ}$$

$$\text{એન} = \frac{\text{એસ}}{E} = \frac{8000}{30000000} = \frac{1}{3750}$$

$$\text{ટેન્સાઈલ એન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

$$\therefore \text{લંબાઈમાં વધારો} = \text{એન} \times \text{મૂળ લંબાઈ} \\ = \frac{1}{3750} \times 4 \times 12 = 0.0128 \text{ ઈંચ}$$

$$\text{ટેન્સાઈલ લોડ લાગુ પાડ્યા પછી A અને B વચ્ચેનું અંતર} \\ = 48 + 0.0128 = 48.0128 \text{ ઈંચ}$$

$$\text{એન પ્રમાણે લંબાઈમાં થતો ઘટાડો} = 0.0128 \text{ ઈંચ}$$

$$\therefore \text{કોમ્પ્રેસીવ લોડ લાગુ પાડ્યા પછી A અને B વચ્ચેનું} \\ \text{અંતર} = 48 - 0.0128 = 47.9872 \text{ ઈંચ}$$

$$\therefore \text{સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછાં અંતર વચ્ચેનો તફાવત} \\ = 48.0128 - 47.9872 = 0.0256 \text{ ઈંચ}$$

**દાખલો ૨૧.**—સમાન છેદચિત્રનો એક સળીયા જેવું વજન દર ઘન ઈંચ દીઠ ૦.૨૮ પૌંડ છે અને કોમ્પ્રેશન્ટ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી એટલે સ્થાપક પ્રમાણ દર ચારસ ઈંચ દીઠ ૨૮,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે તેને જ્યારે એક

છેડેથી ઉભો લટકાવવામાં આવે છે ત્યારે તે દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૩ ટનનો સૌથી વધુમાં વધુ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ ( ખંચાણનું જોર ) ઉત્પન્ન કરે છે, તો તે સળીયાની લંબાઇ શોધો, અને વળી તે ખંચાણનાં જોરને લીધે તેની લંબાઇમાં થતો વધારો શોધો ?

સળીયાનું વજન દર ઘન ફુટ દીઠ ૨૮ પાંડ છે, માટે જો તેને એક છેડેથી ઉભો લટકાવવામાં આવે તો તેની દરેક ઈંચ લંબાઇ દીઠ દર ચોરસ ઈંચ ઉપર ૨૮ પાંડનો ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ ઉત્પન્ન કરશે.

$$૨૮ : ૦.૭૫ \times ૨૨૪૦ :: ૧''$$

$$\therefore \text{સળીયાની લંબાઇ} = \frac{૦.૭૫ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૨૮}$$

$$= ૬૦૦૦ \text{ ઈંચ} = \underline{૫૦૦ \text{ ફુટ}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E} = \frac{૦.૭૫ \times ૨૨૪૦}{૨૮૦૦૦૦૦૦} = \frac{૩}{૫૦૦૦૦}$$

$$\text{લંબાઇમાં વધારો} = \text{સ્ટ્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ}$$

સળીયા સમાન છેદચિત્રનો હોવાથી તેનું વજન તેનાં ગુરુત્વ મધ્ય ત્રિંદુ આગળ એટલે સળીયાની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે, માટે

$$\text{સ્ટ્રેન અર્થુ એટલે } \frac{૩}{૫૦૦૦૦ \times ૨} \text{ જેટલું આવશે.}$$

$$\therefore \text{લંબાઈમાં વધારો} = \frac{૩ \times ૫૦૦ \times ૧૨}{૫૦૦૦૦ \times ૨}$$

$$= \frac{૧૮}{૧૦૦} = \underline{૦.૧૮ \text{ ઈંચ}}$$

**દાખલો ૨૨.**—એક બોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૮૦ પાંડ છે. જો દરેક સ્ટે તેની આસપાસની ૩ ચોરસ ફુટ જેટલી સપાટીને ટેકા આપે અને સ્ટેનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૫ ટનનો સ્ટ્રેસ હોય તો સ્ટેનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

$$\text{એક સ્ટે વડે ટેકવવામાં આવતું કુલ દબાણ} = ૮૦ \times \frac{૩}{૪} \times ૧૪૪$$

$$= ૮૬૪૦ \text{ પાંડ.}$$

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{\text{કુલ દબાણ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\therefore \text{સ્ટેનાં છેદયિત્રનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{\text{કુલ દબાણ}}{\text{સ્ત્રેસ}}$$

$$= \frac{૮૬૪૦}{૫ \times ૨૨૪૦} = \frac{૩૭}{૨૨૪} \text{ ચોરસ ઇંચ}$$

$$D_2 = \frac{\text{ક્ષેત્રફળ}}{૦.૭૮૫૪} = \frac{૨૭}{૩૫ \times ૦.૭૮૫૪} = ૦.૯૮૧૯$$

$$D = \sqrt{૦.૯૮૧૯} = ૦.૯૯ \text{ ઇંચ}$$

સ્વાગ્રહ સીમા એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટ સુધીમા સળીયાને ખેંચવામાં તથા દબાવવામાં થતું કામ અથવા રીઝીલીએન્સ.—જ્યારે એક સળીયા ઉપર ખેંચાણ અથવા દબાણ વડે સ્વાગ્રહ સીમા સુધીમાં જોર (સ્ત્રેન) આવે છે, ત્યારે તે સળીયાને ખેંચવામાં અથવા દબાવવામાં જે કામ થાય છે તે સ્ત્રેન ઉત્પન્ન કરનારાં સરેરાશ સ્ત્રેસને લંબાઈમાં થતા વધારા અથવા ઘટાડા વડે ગુણવાથી જે કામ આવે છે તેની બરાબર છે. જ્યારે સ્વાગ્રહ સીમા સુધી સ્ત્રેસ બરાબર આવી પહોંચે છે તે વેળાએ આ પ્રમાણે થતાં કામને “રીઝીલીએન્સ” (Resilience) કહેવામાં આવે છે.

ધારો કે,  $W$  = સળીયા ઉપર ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવતો લોડ (ખેંચાણ અથવા ધક્કો) પૌંડમાં.

$L$  = સળીયાની લંબાઈ ઇંચમાં.

$A$  = સળીયાનાં છેદયિત્રનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં.

$l$  = લોડ  $W$ ને લીધે સળીયાની લંબાઈમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો ઇંચમાં.

$f$  = સ્વાગ્રહ સીમા જ્યારે આવી પહોંચે તે વેળાએ સળીયા ઉપરનો સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં.

$R$  = સળીયાનું રીઝીલીએન્સ.

(૧) જ્યારે લોડ ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે—

જે લોડને સૂન્યથી ધીમે ધીમે  $W$  પૌંડ સુધી વધારવામાં આવે, તો સરેરાશ લોડ  $= \frac{W}{2}$  થશે, અને થયેલું કામ અથવા

$$\text{રીઝીલીએન્સ } R = \frac{W}{2} \times l \text{ ઇંચ-પૌંડ.}$$

$$\text{એક્સ} = f = \frac{W}{A}$$

પણ સ્થાયી સીમાએ, એક્સ  $= \frac{f}{E}$ , જે  $\frac{l}{L}$  ની બરાબર છે.

$$\therefore \frac{f}{E} = \frac{l}{L}$$

$$\therefore l = \frac{fL}{E} = \frac{W}{A} \times \frac{L}{E}$$

અને  $W = fA$

$$R = \frac{W}{2} \times l$$

$W$  અને  $l$  ની ઉપર આવેલી કીમત મુકતાં—

$$R = \frac{W}{2} \times l = \frac{fA}{2} \times \frac{fL}{E}$$

$$R = \frac{f^2}{E} \times \frac{AL}{2}$$

$$= \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ (ઘનમાપ)}}{2} \text{ ઇંચ - પૌંડ.}$$

અથવા

$$R = \frac{W}{2} \times l \text{ ઇંચ - પૌંડ.}$$

પણ  $W = fA$

$$f = E \times \text{એન} = E \times \frac{l}{L}$$

$$\therefore W = \frac{EA l}{L}$$

$$R = \frac{W}{2} \times l = \frac{EA l}{2L} \times l$$

$$= \frac{EA l^2}{2L}$$

$$\text{એન} = \frac{l}{L} = \frac{f}{E}, \text{ અને } E = \frac{fL}{l}$$

$$\therefore R = \frac{EA l}{2} \times \frac{f}{E}$$

$$= \frac{fL \times Al}{2l} \times \frac{f}{E}$$

$$= \frac{f^2 AL}{2E}$$

$$= \frac{f^2}{E} \times \frac{AL}{2}$$

$$= \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ (ધનમાપ)}}{2}$$

$\therefore$  સળીયાનાં દર ધનકુટ વોલ્યુમ (ધનમાપ) દીઠ તે ઉપર થતું ક્રમ અથવા રીઝીલીએન્સ  $= R = \frac{f^2}{2E}$  ઇંચ - પૌંડ.

(૨) જ્યારે લોડને શરૂઆતની ગતિ વિના ઓચિંતો લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે.—ધારો કે,  $l$  = જ્યારે સળીયા ઉપર લોડ  $W$  (ખેંચાણ અથવા દબાણ)ને શરૂઆતની ગતિ વિના ઓચિંતો લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે સળીયાની લંબાઈમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો ઇંચમાં.

ત્યારે, આ બહારનાં લોડ વડે થયેલું કામ સળીયામાં એકઠાં થયેલાં કામની બરાબર થવું જોઈએ.

ધારો કે,  $P$  = સળીયામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ઉત્પન્ન થતું સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) સ્ટ્રેસ.

શરૂઆતમાં સળીયા ઉપર સ્ટ્રેસ શૂન્ય હોય છે, માટે સરેરાશ સ્ટ્રેસ =  $\frac{P}{2}$  છે.

ત્યારે, સળીયા ઉપર થયેલું કામ =  $\frac{Pl}{2} = \frac{EA l^2}{2L}$ ,

અને બહારનાં લોડ  $W$  વડે થયેલું કામ =  $Wl$ .

$$\therefore \frac{Pl}{2} = \frac{EA l^2}{2L} = Wl$$

અથવા  $P$  એ  $2 W$ નાં પ્રમાણમાં છે, અને

$$E \times \frac{l}{L} = \frac{2W}{A}$$

પરિણામે નિયંત્ર અથવા સતત લોડને શરૂઆતની ગતિ વિના ઓચિંતો લાગુ પડવાથી સળીયામાં ઉત્પન્ન થતાં સ્ટ્રેસનો સૌથી વધુમાં વધુ જથ્થો ખુદ લોડ વડે ઉત્પન્ન થતાં સ્ટ્રેસથી બમણો છે.

(૩) જ્યારે લોડને શરૂઆતની ગતિ સાથે ઓચિંતો લાગુ પડવામાં આવે ત્યારે.—ધારો કે,  $W$  પૌડનાં વજનને સળીયા ઉપર  $h$  ઇંચની ઉંચાઈએથી પડવા દેવામાં આવે, ત્યારે સળીયામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ઉત્પન્ન થતું સૌથી વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ  $P$  પૌંડ, અને લંબાઈમાં થતો વધારો અથવા ધરાડો  $l$  ઇંચ છે.

પડતાં વજન વડે થતું કામ =  $W(h + l)$  = સળીયામાં એકઠી થયેલી શક્તિ.

$$\text{તેટલા માટે, } \frac{Pl}{2} = \frac{EA l^2}{2L} = W(h + l).$$

**દાખલો ૨૩.**—૬ ઝુટ લાંબા અને ૨ ઇંચ વ્યાસના એક સ્ટીલના ટાઈ-બાર ઉપર ૨૦ ટનનો લોડ લાગુ પાડવાથી સ્વાગ્રહ સીમા પહોંચે છે, જે મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી દર ચારસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે ટાઈ-બારનું રીઝીલીએન્સ શોધો ?

$$f = \frac{W}{A} = \frac{૨૦ \times ૨૨૪૦}{૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪} = ૧૪૨૬૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

$$\text{રીઝીલીએન્સ } R = \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{વોલ્યુમ}}{૨}$$

$$= \frac{૧૪૨૬૦^2}{૩૦૦૦૦૦૦૦} \times \frac{૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૬ \times ૧૨}{૨}$$

$$= \frac{૧૪૨૬૦ \times ૧૪૨૬૦ \times ૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૬ \times ૧૨}{૩૦૦૦૦૦૦૦ \times ૨}$$

$$= ૭૬૬.૬૦૪ \text{ ઇંચ-પૌંડ}$$

**દાખલો ૨૪.**—એક સ્ટીલનો તાર જેનો વ્યાસ ૦.૦૮ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૫૦ ઝુટ છે તે ઉપર ૧૧૨ પૌંડના લોડ વડે ખેંચાણ આવે છે, તો (૧) દર ચારસ ઇંચ દીઠ સ્ત્રેસ શોધો, (૨) સ્ત્રેન શોધો, (૩) લંબાઈમાં થતો વધારો ઇંચમાં શોધો, અને (૪) સ્ત્રેન ઉત્પન્ન કરવામાં તે તાર ઉપર થતું કામ અથવા રીઝીલીએન્સ શોધો ?  
 $E =$  દર ચારસ ઇંચ દીઠ ૩૦૦૦૦૦૦૦ પૌંડ છે.

$$\text{દર ચો. ઇંચ દીઠ સ્ત્રેસ} = \frac{W}{A} = \frac{૧૧૨}{૦.૦૮ \times ૦.૦૮ \times ૦.૭૮૫૪}$$

$$= ૨૨૨૮૨ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ (૧)}$$

$$E = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{\text{સ્ત્રેન}}$$

$$\therefore \text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{E} = \frac{૨૨૨૮૨}{૩૦૦૦૦૦૦૦}$$

$$= ૦.૦૦૦૭૪૨૭ \text{ (૨)}$$



$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{લંબાઈમાં વધારો} &= \text{સ્ત્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ} \\ &= 0.00009827 \times 40 \times 12 \\ &= 0.4844 \text{ ઇંચ (૩)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{રીઝીલીએન્સ } R &= \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{વોલ્યુમ}}{2} \\ &= \frac{222222^2}{300000000} \times \frac{0.01 \times 0.01 \times 0.0144 \times 40 \times 12}{2} \\ &= \frac{222222 \times 222222 \times 0.01 \times 0.01 \times 0.0144 \times 40 \times 12}{300000000 \times 2} \\ &= 28.44 \text{ ઇંચ-પૌંડ}\end{aligned}$$

**દાખલો ૨૫.**—૨૦ ડ્રટ લાંબા અને ૧ ઇંચ વ્યાસના સ્ટીલના ગોળ સળીયા ઉપર કેટલા ટનનો ખેંચાણનો લોડ ઓચિંતો લાગુ પાડવો જોઈએ કે જેથી તે સળીયાની લંબાઈમાં ૦.૧ ઇંચ જેટલો તાત્કાલિક વધારો થાય. મોડ્યુલસ ઓફ ફોર્મેસિટીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩૦૦૦ ટન છે.

શરૂઆતમાં સળીયા ઉપર ખેંચાણનું જોર શૂન્ય હોય છે, માટે

$$\text{ખેંચાણનો સરેરાશ લોડ} = \frac{W}{2} = \frac{fA}{2},$$

$$\text{પણ, } f = E \times \text{સ્ત્રેન} = E \times \frac{l}{L}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{ખેંચાણનો લોડ} &= \frac{EA l}{2L} \\ &= \frac{13000 \times 1 \times 1 \times 0.0144 \times 1}{2 \times 20 \times 12} \\ &= 2.88 \text{ ટન}\end{aligned}$$

**દાખલો ૨૬.**—૧૦ ફુટ લાંબા અને ૧ ઇંચ વ્યાસના સ્ટીલના સળીયા ઉપર ૧ ફુટની ઉંચાઈએથી કેટલું વધુમાં વધુ વજન નાંખી શકાય? મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩૦૦૦ ટન છે, અને લીમીટ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી (સ્થાયણ સીમા) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૮ ટન છે. વળી આ પ્રમાણે વજન નાંખવાથી સળીયાની ડાબાઈમાં થતો ફેરફાર શોધો ?

$$f = \frac{El}{L}$$

$$18 = \frac{13000 \times l}{10 \times 12}$$

$$\text{ડાબાઈમાં વધારો} = l = \frac{18 \times 10 \times 12}{13000} = \underline{.16 \text{ ઇંચ}}$$

$$\frac{fAl}{2} = W(h+l)$$

$$\begin{aligned} \therefore W &= \frac{fAl}{2(h+l)} \\ &= \frac{18 \times 2280 \times 1 \times 1 \times .9748 \times .16}{2(12 + .16)} = \underline{206 \text{ પાઉન્ડ}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૨૭.**—જો સ્ટીલનું મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૨,૦૦૦,૦૦૦ પાઉન્ડ હોય, તો કેટલું ઇંચ વ્યાસનો અને ૨૫ ફુટ લાંબો એક સ્ટીલનો સળીયા ૧૦ ટનના લોડ વડે ફેરવો ડાબાશે? જો તેની સ્થાયણ સીમા (ઇલેસ્ટિક લીમીટ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૧ ટન હોય, તો તેનું રીઝીલીયેન્સ કેટલું હશે ?

$$\begin{aligned} \text{ત્રેસ} &= \frac{W}{A} = \frac{10 \times 2280}{.94 \times .94 \times .9748} \\ &= 40903.1 \text{ પાઉન્ડ.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એન} &= \frac{\text{ત્રેસ}}{E} = \frac{40903.1}{32000000} \\ &= .00128 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{લંબાઈમાં વધારો} &= \text{સ્ત્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ} \\ &= 0.001468 \times 24 \times 12 = 0.4242 \text{ ઇંચ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{રીઝીલીએન્સ} &= \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ}}{2} \\ &= \frac{21 \times 2280 \times 21 \times 2280 \times 0.74 \times 0.74 \times 0.4242 \times 24 \times 12}{32000000 \times 2} \\ &= 8462.32 \text{ ઇંચ-પૌંડ}\end{aligned}$$

**દાખલો ૨૮.**—એક લોખંડનો સળીયો જેનો વ્યાસ ૧ ઇંચ અને લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે તે તેને છેડે લટકાવેલાં ૬ ટનનાં વજનથી ૩૬ ઇંચ લંબાય છે, તો સ્ત્રેસ, સ્ત્રેન અને મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી શોધો ? જે તેની સ્વાગ્રહ સીમા (લીમીટ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી) દર ચારસ ઇંચ દીઠ ૧૩ ટન હોય તો તેનું રીઝીલીએન્સ શોધો ?

$$\begin{aligned}\text{સ્ત્રેસ} &= \frac{\text{લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} \\ &= \frac{6 \times 2280}{1 \times 1 \times 0.7854} = 17112.3 \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{સ્ત્રેન} &= \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}} \\ &= \frac{3}{32 \times 12 \times 12} = 0.00064\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી} &= E = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{\text{સ્ત્રેન}} \\ &= \frac{17112.3}{0.00064} \\ &= 26581875 \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}\end{aligned}$$

$$\text{રીઝીલીએન્સ} = \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ}}{2}$$

$$= \frac{13 \times 2280 \times 13 \times 2280 \times 19248 \times 12 \times 12}{25325515 \times 2}$$

$$= 1229.8 \text{ ઇંચ-પૌંડ}$$

**દાખલો ૨૯.**—નરમ પોલાદનો એક પાટો ૨ ઇંચ પહોળો,  $\frac{1}{2}$  ઇંચ જાડો અને ૧૦ ઇંચ લાંબો છે. જો યંગ્સ મોડ્યુલસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૫૦૦ ટન હોય, તો જ્યારે તે સળીયા ઉપર ૧૦ ટનનો લોડ લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે તે કેટલો લંબાશે તે શોધો, અને તે વેળાએ તે સળીયામાં કેટલું કામ એકદું થાય છે તે શોધો ?

$$\text{છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ} = 2 \times \frac{1}{2} = 1 \text{ ચો. ઇંચ}$$

$$\text{સ્ત્રેસ} = \frac{10 \times 2280}{1} = 22800 \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

$$\text{સ્ત્રેન} = \frac{\text{સ્ત્રેસ}}{E} = \frac{22800}{12500 \times 2280} = \frac{1}{1250}$$

$$\text{લંબાઈમાં વધારો} = \text{સ્ત્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ}$$

$$= \frac{1 \times 10}{1250} = \frac{1}{125} = 0.008 \text{ ઇંચ.}$$

શરૂઆતમાં લોડ મૂલ્ય છે, અને અંતે ૧૦ ટન છે,

$$\therefore \text{સરેરાશ લોડ} = \frac{0 + 10}{2} = 5 \text{ ટન.}$$

સળીયામાં એકદું થયેલું કામ = સરેરાશ લોડ  $\times$  લંબાઈમાં વધારો

$$= 5 \times 2280 \times 0.008 = 86.4 \text{ ઇંચ-પૌંડ.}$$

### એકસર્પાઈઝ પત્રી.

૧. એક ટાઈ-બાર જે ૪ ઇંચ પહોળો અને  $\frac{1}{2}$  ઇંચ જાડો છે તે ઉપર ૭ ટનનો ખેંચાણનો લોડ પડે છે, તો ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ શોધો ? જો તે બાર ઉપર ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટનથી વધુ લઈ ન શકાય, તો તે બાર માટેનો સન્નામતી સાથે લઈ શકાતો લોડ શોધો ?

૨. એક ગોળ સળીયા ઉપર ૧૫ ટનનો ખેંચાણનો લોડ લેવાનો છે. જો સલામતી સાથે લઈ શકાતો સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬ ટન હોય, તો સળીયાનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૩. એક ટુંકા પોક્કળ બીડના સ્થંભનો બહારનો વ્યાસ ૬ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૪ $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ છે. જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭ ટનનો સ્ત્રેસ તે ઉપર લેવા દેવામાં આવે તો તે ઉપર સલામતી સાથે મુકી શકાતો લોડ શોધો ?

૪. એક લોખંડનો સળીયો જેનો વ્યાસ ૧ $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ અને લંબાઈ ૧૦ ફૂટ છે તે ૧૫ ટનના લોડ વડે વડે ઇંચ લંબાય છે, તો સ્ત્રેસ, સ્ત્રેન, અને મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી શોધો ?

૫. એક બીડનો સ્થંભ ૨૦૦૨ સેન ખમી શકે છે. જો તેની મૂળ ઉંચાઈ ૧૫ ફૂટ હોય તો તેની ફેરવાયલી ઉંચાઈ શોધો ?

૬. ૨ ઇંચ વ્યાસનો એક ઘડતર લોડાનો સળીયો ૭૦ ટનનાં વજન વડે તૂટી જાય છે તો એક્રીંગ સ્ત્રેસ શોધો ?

૭. ૯ ઇંચ લાંબા, ૪ ઇંચ પહોળા અને  $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ જડા પ્લેટના ટુકડાને ટેસ્ટીંગ મશીન ઉપર તેની લંબાઈની દિશામાં ટેસ્ટ કરવામાં આવતાં તે ૭૨ ટનના લોડથી તૂટી જાય છે, તો તેનો એક્રીંગ સ્ત્રેસ શોધો ?

૮. એક સળીયો જેનું છેદચિત્ર  $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ સમચોરસ છે અને લંબાઈ ૮૦ ફૂટ છે તે ઉપર ન્યારે અમુક ખેંચાણ લાગુ પાડવામાં આવ્યું ત્યારે તે ૪ ઇંચ જેટલો લંબાયલો માલમ પડ્યો છે, તો સ્ત્રેન શોધો ? ધારો કે લાગુ પાડવામાં આવેલું ખેંચાણ ૩૦૦૦ પાંડ હોય તો યંગ્સ મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી શોધો ?

૯. ધારો કે ટેન્સાઇલ સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩ ટનથી વધતું ન જોઈએ, તો ગોળ ટાઇ-રોડ જે ઉપર ૧૮ હેરોવેટનું ખેંચાણ આવે છે તેનો વ્યાસ શોધો ?

૧૦. એક સ્થંભ જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧૨ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે તે ઉપર ન્યારે ૩૬ ટનનો લોડ પડે ત્યારે તેની લંબાઈમાં કેટલો ઘટાડો થશે ? મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૯,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

૧૧. ૮૦ ફુટ લાંબા અને ૧૫ ઇંચ વ્યાસના લોખંડના તારને ૦.૦૦૫ ઇંચ જેટલો લંબાવવા માટે તે ઉપર કેટલું વજન લટકાવવું જોઈશે ? મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૯,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

૧૨. એક લોખંડનો ટાઈ-બાર ૬૦ ફુટ લાંબો છે અને તેનું છેદચિત્ર  $4" \times \frac{3}{4}"$  છે, તો તે ઉપર વધુમાં વધુ કેટલો લોડ લાગુ પાડી શકાય કે જેથી તેની લંબાઈમાં થતો વધારો  $\frac{1}{8}$  ઇંચથી વધુ થાય નહીં. મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૯,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

૧૩. એક ટાઈ-રોડ જેનો વ્યાસ ૧.૫ ઇંચ, અને લંબાઈ ૩૫ ફુટ છે તે ઉપર ૧૦૦૦૦ પૌંડનું ખેંચાણ આવે છે અને તેથી તેની લંબાઈમાં ૧૨ ઇંચનો વધારો થાય છે, તો સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

૧૪. એક ખોયલરમાંના સ્ટેનો વ્યાસ ૧.૧૨ ઇંચ છે અને તેમને મધ્યથી મધ્ય સુધી અંકેકથી ૧૫ ઇંચ દુર ખેંસાડેલા છે. જો સ્ટેનો છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૮૦૦ પૌંડનું સ્ટ્રેસ લેવા દેવામાં આવે તો ખોયલરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલા પૌંડનું દબાણ લેવું જોઈએ ?

૧૫. એક ખોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦ પૌંડ છે. દરેક સ્ટે (stay) ૧ ચોરસ ફુટ જેટલી સપાટીને ટેકા આપે છે અને સ્ટેનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ ૩ ટન લેવાનું છે, તો સ્ટેનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૧૬. એક કનેક્ટીંગ રોડનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે અને તેને ૮૫૨ ટર્ન કરી તેનો સૌથી ઓછામાં ઓછો વ્યાસ ૮ ઇંચ કરેલો છે. રોડનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સલામતી સાથે કાર્ય કરતું સ્ટ્રેસ ૫૦૦૦ પૌંડ છે. પીસ્તનનો વ્યાસ ૭૫ ઇંચ છે, તો જડત્વ અને રોડનું ત્રાંસાપાણું ધ્યાનમાં ન લેતાં પીસ્તન ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલા પૌંડનું દબાણ લઈ શકાશે ?

૧૭. ૩ ઇંચ વ્યાસનાં નક્કર ખીડનાં કાર્ટીંગ (ઓતક્રમ)ને ૩૫૦ ટનનાં વજન વડે કચડી નાંખવામાં આવે છે, તો આ જાતનાં ખીડનું કચડી નાંખવાનું જોર (કશીંગ સ્ટ્રેંથ) કેટલું હશે ?

૧૮. નક્કર ખીડના ચાર ઉભા સ્થંભો જે દરેક ૫ ઇંચ સમ-ચોરસ છે તે ઉપર ૫૬ ટનનાં વજનની એક ટાંકી ટેકવેલી છે, જે ટાંકીનાં અંદરનાં માપો ૧૨ ફુટ લંબાઈ, ૮ ફુટ પહોળાઈ, અને ૬ ફુટ ઉંડાઈ છે. તો જ્યારે તે ટાંકી મીઠાં પાણીથી પોણી ભરેલી હોય ત્યારે આ સ્થંભો ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું સ્ટ્રેસ આવશે તે શોધો ?

૧૯. ૨૩ ઇંચ વ્યાસના એક બોલ્ટ ઉપર ૩૦ ટનનો ખેંચાણનો (ટેન્સાઈલ) લોડ છે, તો સ્ટ્રેસ શોધો ? જો યંગ્સ મોડ્યુલસ ઓફ મેટેરીયલ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩,૦૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો સ્ટ્રેન શોધો ? જ્યારે તે બોલ્ટ ઉપર લોડ લાગુ પાડવામાં આવ્યો ન હોય ત્યારે તેની લંબાઈ ૧૦૨ ઇંચ છે, તો તે બોલ્ટ લોડ લાગુ પાડ્યા પછી લંબાઈમાં કેટલો વધશે ?

૨૦. એક પોલાદનો સળીયો જેનું છેદચિત્ર ૩ ઇંચ  $\times$  ૩ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૪૦ ફુટ છે તે ૨૦ ટનના લોડ વડે કેટલો લંબાશે ?

૨૧. લોખંડનો એક ગોળ સળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૧૬ ફુટ છે તેને એક છેડેથી સજ્જડ પકડી બીજે છેડેથી અમુક જોર વડે ખેંચવામાં આવે છે જેથી તે લંબાઈમાં ૩ ઇંચ વધે છે. જો મોડ્યુલસ ઓફ મેટેરીયલ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩,૦૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે જોર શોધો ?

૨૨. એક પદાર્થનું મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી એટલે શું ?  
પોલાદનો એક ગોળ સળીયો જેનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૧૨  
ફુટ છે તેને ઉપલે છેડેથી સંજ્ઞા કરી નીચલે છેડે લોડ લાગુ પાડવામાં  
આવતાં તે ૦.૦૬ ઇંચ લંબાઈમાં વધે છે. જે મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી  
દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩,૦૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો લોડ શોધો ?

૨૩. એક લોહાના ચોરસ સળીયાને ઉભો લટકાવવામાં આવ્યો છે,  
તો ૪૦ ટનનું લટકાવેલું વજન ખમી શકે તે માટે તે સળીયાનાં છેદચિત્રનું  
માપ નક્કી કરો. લોહાનું એકાગ્ર સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૫ ટન છે.

૨૪. ઘડતર લોહાનો એક સળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ  
૨ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૬ ફુટ છે તેને ઉપલે છેડેથી લટકાવી  
નીચલે છેડે ૮ ટનનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે. જે ઘડતર  
લોહાનું મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨,૮૦,૦૦,૦૦૦  
પૌંડ હોય તો તે સળીયો લંબાઈમાં કેટલો વધશે તે શોધો ?

૨૫. એક ટાઇ-રૉડ જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ઇંચ  
છે અને લંબાઈ ૭૦ ફુટ છે તે ૩૬૦૦૦ પૌંડનાં ખેંચાણના લોડ વડે  
૩ ઇંચ લંબાઈમાં વધે છે, તો આ સ્થિતિએ સ્ત્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડ્યુ-  
લસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી શોધો ?

૨૬. સ્ત્રેસ અને સ્ટ્રેન વિષે તમે શું સમજે છો ? ૫૦ ફુટ લાંબો  
એક લોહાનો સળીયો સ્ત્રેસની અસરથી ૬ ઇંચ લંબાય છે, તો સ્ટ્રેન  
શોધો ? જે તે સળીયાનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ હોય અને  
લોડ ૧૧૦૦૦ પૌંડ હોય, તો મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી શોધો ?

૨૭. એક એર પમ્પનો બકેટ જેનો વ્યાસ ૨૪ ઇંચ છે તેનાં  
મથાળાંની બાજુ ઉપર વાતાવરણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ  
૮ પૌંડનું દબાણ પડે છે અને બકેટને તળીયે ૨૫ ઇંચનું વેક્યુમ છે;  
પમ્પ-રૉડનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, તો તે બકેટના ઉપલા સ્ટ્રૉક દરમ્યાન  
પમ્પ-રૉડમાં ઉત્પન્ન થતું સ્ત્રેસ શોધો ? જે પમ્પ-રૉડ ૪ ફુટ લાંબો  
હોય અને મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ  
૮૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે રૉડ લંબાઈમાં કેટલો ખેંચાશે ?



૨૮. એક ચોરસ ઈંચ છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળવાળો એક ધડતર લોહાનો સળીયો ૫૦૦૦૦ પૌંડનાં ખંચાણુનાં જોરથી તૂટી જાય છે, તો ૩૦ ટનનો લોહ ટેકવવા માટે ટાઇ-રોડનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ કેટલું રાખવું જોઈએ ?

૨૯. એક ધડતર લોહાના ટાઇ-આરનો વ્યાસ  $\frac{7}{8}$  ઈંચ છે અને લંબાઈ ૫૦ ફુટ છે. જો તેનું મોડયુલસ ઓફ ઇક્સ્ટેન્સિસીટી દર ચો. ઈંચ દીઠ ૨,૮૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે ટાઇ-આરને ૦.૦૨ ઈંચ લંબાવવા માટે તે ઉપર કેટલો લોહ લાગુ પાડવો જોઈએ ? વળી દર ચોરસ ઈંચ દીઠ સ્ત્રેસ શોધો ?

૩૦. એક ચપટો લોખંડનો પાટો જેનાં છેદચિત્રનું માપ ૨" x  $\frac{3}{4}$ " છે અને લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે તેને છેડે લટકાવેલાં ૮ ટનનાં વજન વડે તે  $\frac{1}{4}$  ઈંચ લંબાય છે, તો તે સળીયાનું સ્ત્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડયુલસ ઓફ ઇક્સ્ટેન્સિસીટી શોધો ?

૩૧. ૮ ફુટ લાંબા અને  $\frac{1}{4}$  ચોરસ ઈંચ છેદચિત્રના એક તારના ટુકડાને ઉભો લટકાવી તેને નીચે છેડે ૩૦૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવતાં તે ૦.૦૨ ઈંચ જેટલો લંબાય છે, તો સ્ત્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડયુલસ ઓફ ઇક્સ્ટેન્સિસીટી શોધો ?

૩૨. માઈલ્ડ સ્ટીલનો એક ચપટો પાટો જે ૩ ઈંચ પહોળો,  $\frac{1}{4}$  ઈંચ જડો અને ૮ ફુટ લાંબો છે તે ઉપર જ્યારે ૧૫ ટનનો લોહ લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે તે કેટલો લંબાશે તે શોધો, અને તે વેળાએ તે સળીયામાં કેટલું કામ એકઠું થાય છે તે શોધો ? યંગ્સ મોડયુલસ ઓફ ઇક્સ્ટેન્સિસીટી દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧૩૦૦૦ ટન છે.

૩૩. એક પોક્કળ ખીડનો સ્થંભ જેનો બહારનો વ્યાસ ૧૨ ઈંચ છે અને ધાતુની જડાઈ  $1\frac{1}{4}$  ઈંચ છે તે ઉપર ૧૨૫ ટનનો લોહ છે, તો તેની ધાતુમાં કોમ્પ્રેસીવ સ્ત્રેસ (દબાણનું જોર) કેટલું હશે ? જો તે સ્થંભની ઉંચાઈ ૧૫ ફુટ હોય અને યંગ્સ મોડયુલસ ઓફ ઇક્સ્ટેન્સિસીટી દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧૨,૫૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે સ્થંભ કેટલો ટુંકો થશે ?

૩૪. એક સ્ટીલનો તાર જેનો વ્યાસ  $\frac{1}{4}$  ઈંચ છે અને લંબાઈ ૬૦ ફુટ છે તે ઉપર ૨૦૦ પૌંડના લોહ વડે ખંચાણનું જોર આવે છે.

જો સ્ટીલનું મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો (૧) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સ્ત્રેસ પૌંડમાં શોધો, (૨) તે તારની લંબાઈમાં થતો વધારો ઇંચમાં શોધો, (૩) સ્ત્રેન શોધો, અને (૪) સ્ત્રેન ઉત્પન્ન કરવામાં તે તાર ઉપર થતું કામ ઇંચ-પૌંડમાં શોધો ?

૩૫. જ્યારે એન્જન ચાલુ હોય છે ત્યારે તે એન્જનના પીસ્ટન રોડ ઉપર વારાફરતી ખેંચાણ અને દબાણ આવે છે. પીસ્ટન રોડ સ્ટીલનો બનાવેલો છે અને તેનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે. ખેંચાણનું અને દબાણનું જોર એ દરેક દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦૦૦ પૌંડ છે. જ્યારે રોડ ઉપર કશું પણ જોર આવતું ન હોય એટલે એન્જન બંધ હોય ત્યારે પીસ્ટન રોડની મધ્યરેખા ઉપરનાં બે બિંદુઓ A અને B વચ્ચેનું અંતર ૩ ફુટ છે. જો મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો (૧) પીસ્ટન ઉપરનો કાર્યસાધક લોડ શોધો, (૨) બિંદુઓ A અને B વચ્ચેનાં સાંથી વધુમાં વધુ અને સાંથી ઓછામાં ઓછાં અંતર વચ્ચેનો તફાવત શોધો ?

૩૬. એક સમાન છેદચિત્રનો સળીયો જોનું વજન દર ઘન ઇંચ દીઠ ૨૮ પૌંડ છે અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૭,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે તેને જ્યારે એક ઊંડેથી ઉભો લટકાવવામાં આવે છે ત્યારે તેનાં પોતાનાં વજનને લીધે તેમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૪૦૦ પૌંડનું વધુમાં વધુ ખેંચાણનું જોર ઉત્પન્ન થાય છે, તો તે સળીયાની લંબાઈ શોધો, અને વળી ખેંચાણનાં જોરને લીધે તેની લંબાઈમાં થતો વધારો શોધો ?

૩૭. સ્ટીલનો એક ટુકડો જે ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે તેની રવાયદ સીમા દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦,૦૦૦ પૌંડ છે અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે, તો તે ટુકડાના એક ઘનઘન્યનું રીઝીલીએન્સ ફુટ-પૌંડમાં શોધો ?

૩૮. ૮ ફુટ લાંબા અને ૧ ઇંચ વ્યાસના સળીયા ઉપર ૪ ટનનું જોર ઓચિત્તુ લાગુ પાડી તેને ખેંચાણમાં મુકવામાં આવે છે, તો ઉત્પન્ન થતું સાંથી વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ અને વધુમાં વધુ લંબાઈમાં થતો વધારો શોધો. મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

## પ્રકરણ ૬૬

નળાકાર વાસણની શેલ પ્લેટનાં જોર. રીવેટ  
કરેલા સાંધાઓનાં જોર. સાંકળ ઉપરનું જોર.  
નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં જોર.

બંધ નળાકાર વાસણની બહારની પ્લેટ એટલે શેલ  
(Shell) ઉપરનાં જોર (એસીસ).—અત્રે આપણે નળાકાર બોયલરનો  
દાખલો લઈશું. આ બોયલરની બહારની પ્લેટની જાડાઈ તેનાં બહારનાં  
માપો સાથે સરખાવતાં ઘણી ઓછી હોય છે. બોયલરને ઘણું ખર્ચ  
અંદરનાં વરાળનાં દબાણ સામે ટકી રહેવાનું હોય છે, અને તેથી  
પ્લેટોની ઉપર બંધ એટલે ટેન્સાઈઝ એસ આવે છે. બોયલરમાં તેની  
અંદરની સપાટી ઉપર દરેક જગ્યાએ વરાળનું દબાણ તે સપાટીને  
કાટખૂણે હોય છે.

ધારો કે,  $d$  = નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ઇંચમાં.

$p$  = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વરાળનું દબાણ પાઉમાં.

$t$  = બોયલરની શેલ પ્લેટની જાડાઈ ઇંચમાં.

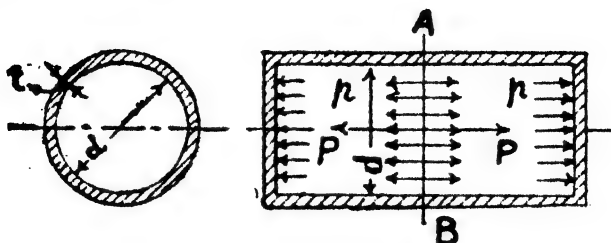
$P$  = બોયલરના છેડા ઉપર પડતું કુલ દબાણ પાઉમાં.

$l$  = બોયલરની લંબાઈ ઇંચમાં.

બોયલરના છેડા ઉપર પડતું કુલ દબાણ = દર ચોરસ ઇંચ  
દીઠ વરાળનું દબાણ  $\times$  બોયલરના છેડાની પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ.

$$\therefore P = p \times d^2 \times 0.7854.$$

તેટલા માટે બોયલરની નળાકાર ધાતુ ઉપર P બરાબરનાં ખેંચાણનાં જોર આવે છે.



આકૃતિ ૨૪.

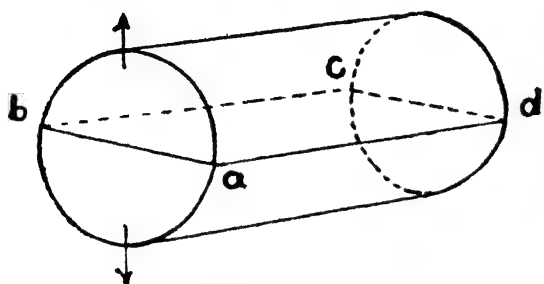
આકૃતિ ૨૫.

આકૃતિ ૨૪ અને ૨૫માં બંધ નળાકાર વાસણ અથવા બોયલરનાં જોરો બતાવ્યાં છે. આકૃતિ ૨૪ રેખા AB ઉપરનું છેદ ચિત્ર છે, અને આકૃતિ ૨૫ લંબાઈની દિશાનું છેદ ચિત્ર (longitudinal section) બતાવ્યું છે. કુલ દબાણ Pને લીધે કાંઈ પણ છેદચિત્ર, જેવાંકે રેખા AB ઉપરનાં છેદચિત્ર, ઉપર ખેંચાણનું જોર આવશે. આ કુલ દબાણ Pને લીધે બોયલર પરિધની દિશામાં એટલે બોયલરની મધ્યરેખાને ઘાટખૂણાની દિશામાં, કહેડે AB આગળ, તૂટી જવાનું વલણ કરશે, અને આ પ્રમાણે તૂટી જવાનાં વલણની સામે થતું AB આગળનાં છેદચિત્રનું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ = શેલનો પરિધ  $\times$  તેની જાડાઈ =  $t \times 3.1416 \times d$  છે. સારે પરિધની દિશામાં શેલ ઉપર આવતું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ S નીચે પ્રમાણે શોધીશું—

$$\begin{aligned} \text{સ્ટ્રેસ } S &= \frac{\text{કુલ લોડ અથવા દબાણ}}{\text{ધાતુનું ક્ષેત્રફળ}} \\ &= \frac{p \times d^2 \times 0.7854}{d \times 3.1416 \times t} \\ &= \frac{pd}{4t} \end{aligned}$$

બોયલરની લંબાઈનાં છેદચિત્ર (longitudinal section) ઉપર આવતું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય—

એ તો દેખીતું છે કે અંદરનું દબાણ  $p$  બોયલરનાં શેલના અંદરના પરિઘના દરેક ભાગ ઉપર મધ્યથી ત્રિજ્યાની દિશામાં કાર્ય કરે છે; પણ જો આ



જોરેને મધ્યરેખામાંથી પસાર થતાં આપેલાં ક્ષેત્ર, જેવાં કે,  $abcd$  ને લંબ અને સમાંતર કમ્પોનન્ટસ (components સાધનબળ)માં

આકૃતિ ૨૬.

જુદાં પાડવામાં આવે, તો નળાને એ ભાગોમાં છુટા પાડવાનું વલણ કરતાં રીઝલ્ટન્ટ ફોર્સીસ (resultant forces લબ્ધ બળો)  $p \times d \times l$ ની બરાબર છે એમ દર્શાવી શકાય. જુઓ આકૃતિ ૨૬.  $ad$  અને  $bc$  રેખાએ તૂટી જવાનાં આ વલણની સામે થતું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ  $= (ad + bc) t = 2l \times t$ .

ત્યારે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પ્લેટ ઉપર આવતું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ  $S$  નીચે પ્રમાણે શોધીશું:—

$$\text{સ્ટ્રેસ } S = \frac{\text{કુલ લોડ અથવા દબાણ}}{\text{ધાતુનું ક્ષેત્રફળ}} = \frac{pdl}{2lt} = \frac{pd}{2t}$$

ઉપલાં પરિમાણો સરખાવતાં આપણને માલમ પડશે કે બોયલરને લંબાઈની દિશામાં તોડી નાખવાનું વલણ કરતાં કુલ દબાણને લીધે પ્લેટ ઉપર આવતું સ્ટ્રેસ પરિઘની દિશામાં તોડી નાખવાનું વલણ કરતાં કુલ દબાણને લીધે પ્લેટ ઉપર આવતાં સ્ટ્રેસથી બમણું છે. અને એજ કારણને લીધે બોયલરના પરિઘના સાંધા કરતાં લંબાઈના સાંધા વધારે મજબુત બનાવવામાં આવે છે.

દાખલો ૧.—એક નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ૬ ફુટ અને લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે, અને તેમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦ પાઉં છે. શેલ પ્લેટની જગાઈ  $\frac{3}{8}$  ઇંચ છે, તો પ્લેટના પરિઘની

દિશાનાં છેદચિત્ર ઉપર અને લંબાઈની દિશાનાં છેદચિત્ર ઉપર આવતાં સ્ટ્રેસ શોધો ?

ઑયલરના છેડાની પ્લેટ ઉપર આવતું કુલ દબાણ =  $p \times d^2 \times 0.7448$

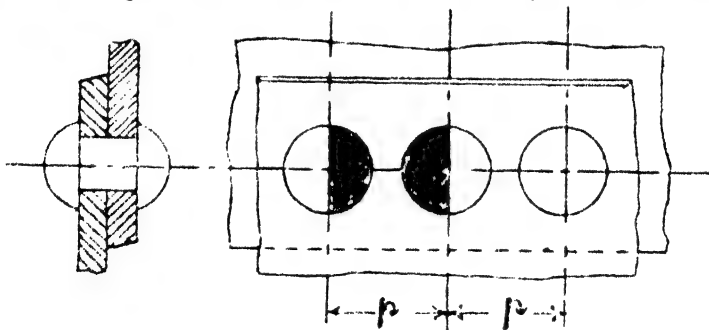
પરિઘનાં છેદચિત્ર આગળનું પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ =  $d \times 3.1416 \times t$ .

$$\therefore \text{પરિઘનાં છેદચિત્ર ઉપરનું સ્ટ્રેસ} = \frac{pd^2 \times 0.7448}{d \times 3.1416 \times t} = \frac{pd}{2t}$$

$$= \frac{100 \times 6 \times 12}{8 \times 4} = 3600 \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

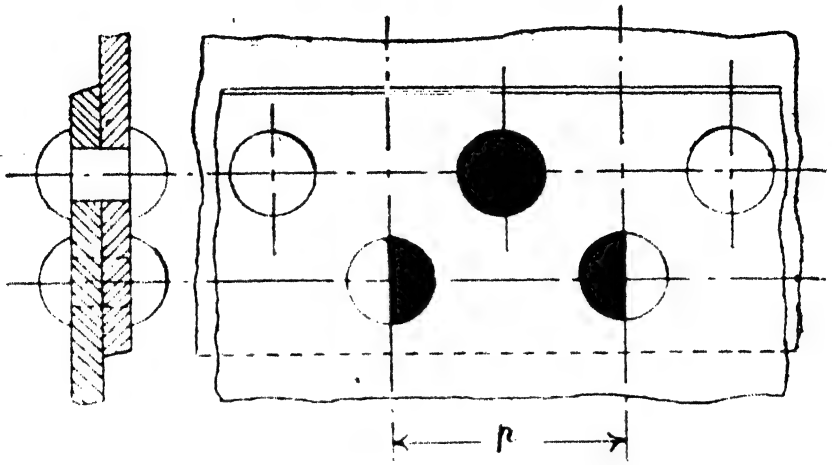
$$\begin{aligned} \text{લંબાઈનાં છેદચિત્ર ઉપરનું સ્ટ્રેસ} &= \frac{pdl}{2t} = \frac{pd}{2t} = \frac{100 \times 6 \times 12}{2 \times 4} \\ &= 9200 \text{ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.} \end{aligned}$$

**રીવેટ કરેલા સાંધાઓ એટલે રીવેટેડ જોઇન્ટસ (Riveted joints) નાં જોર.**—ઑયલરની પ્લેટસને રીવેટેડ જોઇન્ટસની મદદ વડે હંમેશ માટે જોડી શકાય છે. લેપ જોઇન્ટસ (lap joints) માં પ્લેટસની ધારોને એકેક ઉપર ચઢાવવામાં આવે છે અને તેમને રીવેટોની એક અથવા બે દ્વારા વડે જોડવામાં આવે છે. જુઓ આકૃતિ ૨૭ અને ૨૮. બટ જોઇન્ટસ (Butt joints) માં



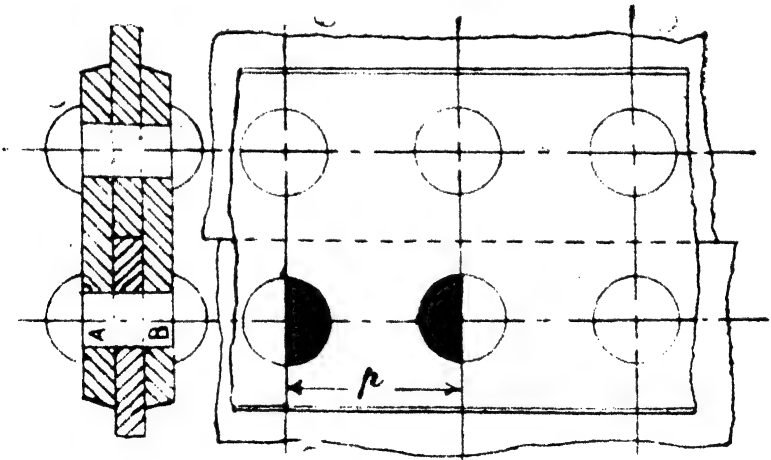
આકૃતિ ૨૭.

પ્લેટસની ધારોને એકેક સાથે અથડાવી તે સાંધા ઉપર પ્લેટની બંને બાજુએ અથવા માત્ર એકજ બાજુએ કવર પ્લેટ (cover plate)



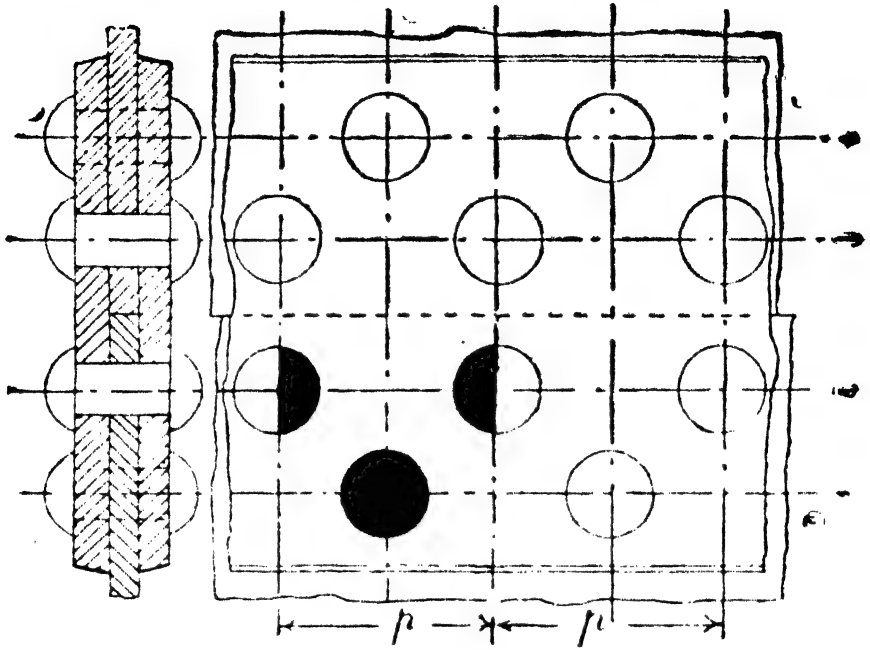
આકૃતિ ૨૮.

મૂકી સાંધાની દરેક બાજુએ રીવેટની એક અથવા બે હાર વડે જોડવામાં આવે છે. બુઓ આકૃતિ ૨૯ અને ૩૦.



આકૃતિ ૨૯.

સાંધાનું જોર મુખ્ય કરીને વર્કશોપ (કારખાના)માં સાંધા તૈયાર કરવાની રીત ઉપર આધાર રાખે છે, માટે આ રીતોનું ટુંક વર્ણન અત્રે અસ્થાને લેખાશે નહીં.



આકૃતિ ૩૦.

ક્ષેત્રનાં વેહોમાં રીવેટોને મુકવા અગાઉ તેને લાલચોળ ગરમ કરવામાં આવે છે અને હાથની અથવા ન્યુમેટીક (pneumatic) દબાવેલી હવા વડે ચાલતી) હથોડી વડે અથવા હાઇડ્રોલીક (hydraulic) દબાવેલાં પાણી વડે ચાલતાં) રીવેટીંગ મશીન વડે તેના છેડાઓ પ્રલાવી માથું બનાવી સજ્જડ કરવામાં આવે છે. હાઇડ્રોલીક રીવેટીંગ મશીન વડે રીવેટને સજ્જડ કરવાની રીતમાં અતિશય દબાણ કરવામાં આવે છે તેથી જ્યારે રીવેટ ઉપર ફટકા પડી તેનું માથું તૈયાર થાય છે ત્યારે વેહ વધારે સારી રીતે રીવેટની ધાતુથી પુરાઈ જાય છે અને પ્લેટો વધારે મજબુતાઈથી સાથે પકડાય છે. કાર્બિલ રીતમાં રીવેટો હંડા થવાથી તેની લંબાઈ સંકોચાય છે તેથી પ્લેટોને અડકતી નજદીક ખેંચી સાથે સજ્જડ કરવામાં ઘણી મદદ મળે છે, અને તેજ વેળાએ રીવેટો ઉપર અનિશ્ચિત હદે ખેંચાણનું જોર આવે છે.



રીવેટના વેહોને પંચ વડે અથવા ડ્રીલ વડે તૈયાર કરવામાં આવે છે. પંચ વડે વેહ તૈયાર કરવાની રીતમાં પ્લેટની ધાતુ ઉપર વેહની ફરતે અતિશય જોર આવવાથી ધાતુને નુકશાન પહોંચે છે. આ ખામી દુર કરવા માટે તે ભાગને એનીલ (anneal) પ્લેટને લાલચોલ ગરમ કરી તેને બળેલા કાલસામાં ઢાંકી દઈને ધીમે ધીમે ઠંડી કરવાની રીતને “એનીલીંગ” annealing કહે છે) કરવામાં આવે છે, અથવા જોઈતા વ્યાસ કરતાં વધુ ઇંચ જેટલો નાનો વેહ પંચ વડે તૈયાર કરી રીમર વડે જોઈતાં માપનો વેહ મોટો કરી લેવામાં આવે છે, જેથી વેહની ફરતે જે ધાતુ ઉપર અતિશય જોર આવેલું હોય તે ધાતુ કપાઈને નીકળી જાય છે. વળી પંચ વડે વેહ તૈયાર કરવાની રીતમાં બીજો ગેરલાલ એ હોય છે કે પંચ વડે દરેક છુટી છુટી પ્લેટમાં વેહ પાડવામાં આવે છે, તેથી જ્યારે તે પ્લેટને એકેકની ઉપર સાથે મુકવામાં આવે છે ત્યારે પ્લેટોના વેહો એકેકની બરાબર સામે આવી શકતા નથી. ડ્રીલ વડે પ્લેટોને એકેક ઉપર તેમનાં સ્થાને સાથે મુકી એકી વેળાએ વેહ પાડી શકાય છે. ડ્રીલ વડે વેહ પાડવાની આ રીત વધારે પસંદ કરવામાં આવે છે, કારણ કે એ રીત વડે મળતા વેહો પ્લેટમાં પાડી શકાય છે તેમજ પ્લેટની ધાતુને કચું પણ નુકશાન પહોંચતું નથી.

પંચ વડે વેહ પાડતી વેળા પ્લેટ ઉપર આવતું કાપવાનું જોર નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય:—

ધારો કે,  $P =$  જે જોર અથવા દબાણ વડે પંચને નીચે હસેલવામાં આવે છે તે જોર અથવા દબાણ ટનમાં.

$d =$  પંચ કરેલા વેહનો વ્યાસ ઇંચમાં.

$t =$  પ્લેટની જાડાઈ ઇંચમાં.

જે ક્ષેત્રફળ ઉપર કાપી નાંખવાનું જોર આવે છે તે ક્ષેત્રફળ

$=$  વેહનો પરિધ  $\times t = \pi \times d \times t$  ચો. ઇંચ.

$\therefore$  શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ એટલે કે કાપાઈ જવાનું જોર  $= \frac{P}{\pi dt}$  ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ.

**દાખલો ૨.**—લોખંડનું શીઅરીંગ સ્ત્રોત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦ ટન લેતાં  $\frac{\pi}{4}$  ઇંચ જાડી લોખંડની પ્લેટમાં  $\frac{3}{8}$  ઇંચ વ્યાસનો વેહ પંચ વડે પાડવામાં કેટલું જોર કરવું પડશે તે શોધો. વળી પંચ ઉપર કેટલું સ્ત્રેસ આવશે તે શોધો.

$$\text{શીઅરીંગ સ્ત્રેસ} = \frac{P}{\pi d t}$$

$$\therefore P = \text{સ્ત્રેસ} \times \pi d t$$

$$= 20 \times 3.1416 \times \frac{3}{8} \times \frac{\pi}{4} = 29.84 \text{ ટન}$$

$$\begin{aligned} \text{દર ચો. ઇંચ દીઠ પંચ ઉપર આવતું સ્ત્રેસ} &= \frac{P}{\text{પંચનું ક્ષેત્રફળ}} \\ &= \frac{29.84}{.75 \times .75 \times .75} \\ &= 66.6 \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ} \end{aligned}$$

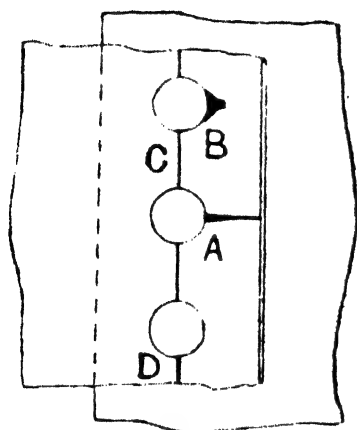
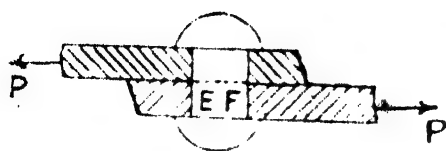
રીવેટ કરેલા સાંધાઓને એવી રીતે ચોજવા જોઈએ નહીં કે જેથી રીવેટો ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે, કારણ કે રીવેટનાં માથાંઓ ખેંચાણ માટે ભરોસાપાત્ર હોતાં નથી. પ્લેટની દિશાએ ખેંચાણ અથવા દબાણનું જોર આવતું જોઈએ જેથી રીવેટો ઉપર કપાઈ જવાનું જોર આવે.

**રીવેટ કરેલા સાંધાઓ તૂટી જવાની રીતો.**—આ વર્ણવવા માટે આપણે રીવેટ કરેલા સાંધાનો સાદો આકાર, જેવો કે, સીંગલ રીવેટડ લેપ જોઈન્ટ જે આકૃતિ ૩૧માં બતાવ્યો છે તે લઈશું. જ્યારે આ સાંધા ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે ત્યારે તે નીચે પ્રમાણેની રીતોએ તૂટી જાય છે:—

(૧) પ્લેટોમાંની કોઈ પણ એક પ્લેટ રીવેટોની હારની મધ્યરેખા CD આગળ તૂટી જાય છે.

(૨) રીવેટ EF આગળ કપાઈ જાય છે.

(૩) રીવેટ અથવા પ્લેટની ધાતુ B આગળ કચડાઈ જાય છે. જ્યારે સાંધા ઉપર લોડ લેવામાં આવે છે ત્યારે રીવેટ વેહની નળાકાર



આકૃતિ ૩૧.

રીવેટના વેહની વચ્ચે A આગળ પ્લેટ તૂટી જાય છે. આ પ્રમાણે થતું અટકાવવા માટે રીવેટના વેહનાં મધ્યથી પ્લેટની ધાર સુધીનું અંતર રીવેટના વ્યાસનાં ૧.૫ ગણાથી ઓછું હોવું જોઈએ નહીં.

**લેપ જોઇન્ટ્સ (Lap Joints).**—લેપ જોઇન્ટ્સ સીંગલ અથવા દબલ રીવેટ્સ હોઈ શકે. રીવેટોની બે હાર કરતાં વધુ હાર ભાગ્યેજ વપરાય છે. રીવેટની હારની મધ્યરેખા ઉપર એક રીવેટના મધ્યથી તેની પાસેના બીજા રીવેટનાં મધ્ય સુધીનાં અંતરને “ પીચ ” (pitch) કહેવામાં આવે છે. પીચ બરાબરની પહોળાઈ જેટલો સાંધાનો કડકો લઈને સાંધાનું જોર (સ્ટ્રેંથ) ગણી શકાય છે, કારણ કે આ ટુકડા માટેનાં જે પરિણામો મળે છે તે આખા સાંધા માટે ખરાં છે એમ માની લઈ શકાય.

ધારો કે,  $p$  = રીવેટના પીચ ઇંચમાં.

સપાટીના અર્ધ ભાગ ઉપર દબાણ કરે છે, જેથી કચડી નાંખવાનું જોર (crushing stress) ઉત્પન્ન થાય છે. આ જોર અથવા સ્ત્રેસ રીવેટ ઉપરના લોડને વેહનાં આગળ નીકળેલાં ક્ષેત્રફળ (projected area) વડે ભાગવાથી શોષી શકાય છે. પ્રોજેક્ટેડ એરીઆ વેહનો વ્યાસ અને પ્લેટની જડાઈનો ગુણાકાર કરવાથી મળે છે.

(૪) જો વેહ પ્લેટની બહારની ધારથી ધણોજ નજદીક આવ્યો હોય ત્યારે તે ધાર અને

$d$  = રીવેટનો વ્યાસ ઇંચમાં.

$t$  = પ્લેટની જાડાઈ ઇંચમાં.

$ft$  = પ્લેટનું અલ્ટીમેટ ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન્થ દર ચો. ઇંચ દીઠ ટનમાં.

$fs$  = રીવેટનું અલ્ટીમેટ શીઅરીંગ સ્ટ્રેન્થ દર ચો. ઇંચ દીઠ ટનમાં.

$fc$  = જ્યારે સાંધા કચડાઈ જવાને લીધે તૂટી જવાની અણી ઉપર હોય ત્યારે પ્રોજેક્ટેડ એરીઆનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ બેરીંગ સ્ટ્રેસ (bearing stress) અથવા ક્ષીંગ સ્ટ્રેસ (કચડી નાંખનારૂં જોર) ટનમાં.

ત્યારે, સીંગલ રીવેટેડ લેપ જોઈન્ટ માટે (જુઓ આકૃતિ ૨૭)—  
ખંચાણમાં આવતાં પ્લેટનાં છેદચિત્રનું ઓછામાં ઓછું

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = (p - d) \times t.$$

ચીરાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ  $= ft (p - d)t$  ટન.

કપાઈ જતાં રીવેટનાં છેદ ચિત્રનું ક્ષેત્રફળ  $= 0.785 d^2$

કપાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ  $= fs \times 0.785 d^2$  ટન.

$$\text{પ્રોજેક્ટેડ ક્ષેત્રફળ} = d \times t$$

કચડાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ  $= fc d t$  ટન.

જો સ્ટ્રેસીસ  $ft$ ,  $fs$ , અને  $fc$  ની કીંમતો આપેલી હોય, તો ઉપર આપેલાં ત્રણે પરિણામો એક બીજાંની બરાબર હોવાનું જોઈએ. આ ઉપરથી આપણને  $p$  અને  $d$  નક્કી કરવા માટેના બે નિયમો મળશે.

$$ft (p - d) t = fs \times 0.785 d^2 = fc d t.$$

$$fs \times 0.785 d^2 = fc d t$$

$$\therefore d = \frac{t}{0.785} \times \frac{fc}{fs}$$

$$= 1.27 t \times \frac{fc}{fs}$$

રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરવા માટેનો વ્યવહારમાં વપરાતો નિયમ નીચે પ્રમાણે છે:-

$$d = 1.2 \sqrt{t}$$

$$\text{અથવા, } t = \frac{d^2}{1.44}$$

$$ft (p - d) t = fs \times 0.9448 d^2$$

$$p - d = \frac{fs}{ft} \times \frac{0.9448 d^2}{t}$$

$$\begin{aligned} \therefore p &= \left( \frac{0.9448 d^2}{t} \times \frac{fs}{ft} \right) + d \\ &= \frac{0.9448 d^2 fs}{t ft} + d \end{aligned}$$

જો પ્લેટનું ચીરાઇ જવાનું જોર એટલે ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ રીવેટનાં કપાઇ જવાનાં જોર એટલે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસની બરાબર હોય, તો પીચ નીચે પ્રમાણે પણ શોધી શકાશે:-

$$(p - d) t = 0.9448 d^2$$

$$\text{પણ } t = \frac{d^2}{1.44} \text{ છે,}$$

$$\therefore (p - d) \times \frac{d^2}{1.44} = 0.9448 d^2$$

$$p - d = \frac{0.9448 d^2 \times 1.44}{d^2}$$

$$p - d = 1.34$$

$$\therefore p = 1.34 + d.$$

દબલ રીવીટડ લેપ નોઇન્ટમાં પીચ જેટલી દરેક પહોળાઈ દીઠ જે છેદચિત્ર ઉપર કપાઈ જવાનું જોર આવે છે તે બે રીવેટનાં છેદચિત્ર છે. જુઓ આકૃતિ ૨૮.

$$ft (p - d) t = fs \times 0.9448 d^2 \times 2 = fc \times 2d$$

$$p - d = \frac{fs}{ft} = \frac{1.471d^2}{t}$$

$$\begin{aligned}\therefore p &= \left( \frac{1.471d^2}{t} \times \frac{fs}{ft} \right) + d \\ &= \frac{1.471d^2 fs}{ft} + d\end{aligned}$$

જે પ્લેટનું ચીરાઈ જવાનું જોર એટલે ૨-સાઈલ સ્પ્રિંગ રીવેટનાં કપાઈ જવાનાં જોર એટલે શીઅરિંગ સ્પ્રિંગની બરાબર હોય, તો

$$(p - d) t = 0.454d^2 \times 2$$

$$\text{પણ, } t = \frac{d^2}{1.88} \text{ છે}$$

$$\therefore (p - d) \times \frac{d^2}{1.88} = 1.471d^2$$

$$p - d = \frac{1.471d^2 \times 1.88}{d^2}$$

$$p - d = 2.76$$

$$\therefore p = 2.76 + d$$

જો પીચ નેટલી પહોળાઈમાં આવતા રીવેટની સંખ્યાને  $n$  વડે દર્શાવીએ, અને રીવેટનાં ક્ષેત્રફળને  $a$  વડે દર્શાવીએ, તો  $p$  અને  $d$  નક્કી કરવા માટેના નિયમ નીચે પ્રમાણે થશે:—

$$ft (p - d) t = fs \times an = fc \times nlt.$$

**બટ જોઇન્ટ્સ (Butt Joints).**—બટ જોઇન્ટ્સનાં જોર (સંઘ) પણ ઉપર પ્રમાણની રીતે જ શોધી શકાશે. આકૃતિ ૨૯માં જોતાં જણાશે કે બે ક્વર પ્લેટ સાથે રીવેટો દબલ શીઅરમાં છે એટલે રીવેટ કપાઈ જવાથી તૂટી જતા સાંધા માટે દરેક રીવેટ બે છેદચિત્ર A અને B આગળ કપાઈ જવાની સ્થિતિમાં છે. આ પ્રમાણે દરેક રીવેટનું કપાઈ જવાનું ક્ષેત્રફળ  $= 0.454d^2 \times 2$  છે.

આકૃતિ ૨૯માં દેખાડેલા સીંગલ રીવેટડ બટ જોઈન્ટ માટે—  
 $ft (p - d) t = fs \times .૭૮૫૪d^2 \times ૨$

$$p - d = \frac{fs}{ft} \times \frac{૧.૫૭૧d^2}{t}$$

$$\begin{aligned} \therefore p &= \left( \frac{૧.૫૭૧d^2}{t} \times \frac{fs}{ft} \right) + d \\ &= \frac{૧.૫૭૧d^2 fs}{t ft} + d \end{aligned}$$

આકૃતિ ૩૦માં દેખાડેલા દબલ રીવેટડ બટ જોઈન્ટમાં પીચ જેટલી પહોળાઈમાં બે રીવેટ છે, માટે

$$ft (p - d) t = fs \times .૭૮૫૪d^2 \times ૨ \times ૨$$

$$\therefore p - d = \frac{fs}{ft} \times \frac{.૭૮૫૪d^2 \times ૪}{t}$$

$$\begin{aligned} \therefore p &= \left( \frac{૩.૧૪૨d^2}{t} \times \frac{fs}{ft} \right) + d \\ &= \frac{૩.૧૪૨d^2 fs}{t ft} + d \end{aligned}$$

બોર્ડ ઓફ ટ્રેડના નિયમ પ્રમાણે તૈયાર કરેલા બોયલરના રીવેટડ જોઈન્ટસ માટે જ્યારે રીવેટો દબલ શીઅરમાં હોય છે એટલે બટ જોઈન્ટમાં બે ક્વર પ્લેટ વાપરવામાં આવી હોય ત્યારે તે રીવેટો માટે દરેક રીવેટ દીઠ માત્ર ૧ઠ્ઠે ગણું રીવેટનું છેદચિત્ર લેવામાં આવે છે. બીજાં ક્રમ માટેના એવીજ જાતના સાંધાઓ માટે ઘણું કરીને આ નિયમ ધ્યાનમાં લેવામાં આવતો નથી.

**રીવેટડ જોઈન્ટસનું કાર્યસાધકત્વ એટલે એફીશીઅન્સી.—**  
 નક્કર (વેલ્ડ વિનાની) પ્લેટનાં જોર સાથે સરખાવતાં સાંધાનાં ખરેખરાં જોરનાં પ્રમાણને રીવેટડ જોઈન્ટની એફીશીઅન્સી એટલે કાર્યસાધકત્વ

કહેવામાં આવે છે. સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી (કાર્યસાધકત્વ) નક્કી કરવા માટે નક્કર પ્લેટનાં જોર સાથે સરખાવતાં ચીરાઈ જવાની સામે, કપાઈ જવાની સામે, અને કચડાઈ જવાની સામે થતાં સાંધાનાં જોરનાં પ્રમાણ પહેલાં જુદાં જુદાં શોધવામાં આવે છે, અને ત્યારબાદ સૌથી ઓછાં પ્રમાણને સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી તરીકે લેવામાં આવે છે.

ચીરાઈ જવાની સામે નડતો સાંધાનો અવરોધ  $= (p - d) \times ft.$

ચીરાઈ જવાની સામે નડતો નક્કર પ્લેટનો અવરોધ  $= p \times t \times ft.$

$p \times t \times ft : (p - d) \times t \times ft :: 1 : \text{એપ્રીશીઅન્સી}$

$\therefore$  ચીરાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી

$$= \frac{(p - d) \times t \times ft}{p \times t \times ft} = \frac{p - d}{p}$$

કપાઈ જવાની સામે નડતો સાંધાનો અવરોધ  $= .9848d^2 \times fs$

$p \times t \times ft : .9848 \times d^2 \times fs :: 1 : \text{એપ્રીશીઅન્સી.}$

$\therefore$  કપાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી

$$= \frac{.9848d^2}{p \times t} \times \frac{fs}{ft}$$

જો સાંધા ડબલ રીવેટડ હોય તો એપ્રીશીઅન્સી

$$= \frac{.9848d^2 \times 2}{p \times t} \times \frac{fs}{ft}$$

જો પીચ બેટલી પહોળાઈમાં આવતા રીવેટની સંખ્યાને  $n$  વડે દર્શાવીએ, અને રીવેટનાં છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળને  $a$  વડે દર્શાવીએ, તો

$$\text{એપ્રીશીઅન્સી} = \frac{.9848d^2 \times n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} = \frac{a \times n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft}$$

કચડાઈ જવાની સામે નડતો સાંધાનો અવરોધ  $= d \times t \times fc$

$p \times t \times ft : d \times t \times fc :: 1 : \text{એપ્રીશીઅન્સી.}$

$\therefore$  કચડાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી



$$= \frac{d \times t \times fc}{p \times t \times ft} = \frac{d \times fc}{p \times ft}$$

જો સાંધા ઉપલ રીવેટર હોય, તો એશીશીઅન્સી

$$= \frac{d \times t \times 2 \times fc}{p \times t \times ft} = \frac{2d \times fc}{p \times ft} = \frac{n \times d}{p} \times \frac{fc}{ft}$$

ઉપલ ક્વર-પ્લેટ સાથના બટ જોઇન્ટમાં રીવેટર ઉપલ શીઅરમાં હોય છે, માટે દરેક રીવેટનું કપાઈ જવાનું ક્ષેત્રફળ  $= \alpha \times 2$  છે.

તેટલા માટે ઉપલ ક્વર-પ્લેટ સાથના બટ જોઇન્ટમાં કપાઈ જવાની સામે થતાં બેર માટે સાંધાની એશીશીઅન્સી

$$= \frac{\alpha \times n \times 2}{p \times t} \times \frac{fs}{ft}$$

બોટ ઓફ વેડના નિયમ પ્રમાણે તૈયાર કરેલા બોયલરના ઉપલ ક્વર-પ્લેટ સાથના બટ જોઇન્ટસ જેમાં રીવેટર ઉપલ શીઅરમાં હોય છે તે માટે દરેક રીવેટ દીઠ બમાણું રીવેટનું ક્ષેત્રફળ લેવાને બદલે દરેક રીવેટ દીઠ માત્ર ૧૩૬ ગણું રીવેટનું ક્ષેત્રફળ લેવામાં આવે છે. ત્યારે

$$\text{એશીશીઅન્સી} = \frac{\alpha \times n}{p \times t} \times ૧૩૬ \times \frac{fs}{ft}$$

**દાખલો ૩.**—એક સીંગલ રીવેટર લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જગાઈ ૩ ઇંચ છે, તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ વ્યવહારમાં વપરાના નિયમ વડે નક્કી કરો, અને શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં બપ લઈ રીવેટનો પીચ શોધો.

$$d = ૧.૨ \sqrt{t}$$

$$= ૧.૨ \sqrt{.૫}$$

$$= .૮૫ \text{ ઇંચ} = \underline{\underline{\frac{૭}{૮} \text{ ઇંચ}} \text{ લગભગ}}$$

$$p = \frac{.૭૮૫ \times d^2 \times s}{tx/ft} + d$$

$$= \frac{0.0448 \times 9 \times 9 \times 0.04}{2 \times 2 \times 4 \times 1} + \frac{9}{2}$$

$$= 0.099 + \frac{9}{2} = 1.099 \text{ ઇંચ} = \underline{1\frac{3}{4}} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

**દાખલો ૪.**—એક ડબલ રીવેટ્ડ લેપ બેઝન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{5}{8}$  ઇંચ છે, તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરો, અને રીવેટનો પીચ શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે અને રીવેટનું શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

$$d = 1.2 \sqrt{t}$$

$$= 1.2 \sqrt{\frac{5}{8}}$$

$$= 1.2 \times 0.79 = 0.948 \text{ ઇંચ} = \underline{3\frac{1}{4}} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

$$p = \frac{1.471 d^2 \times f_s}{t \times t} + d$$

$$= \frac{1.471 \times 2.6 \times 2.6 \times 15 \times 23}{32 \times 32 \times 4 \times 28} + \frac{3.125}{2}$$

$$= 2.062 \text{ ઇંચ} = \underline{2\frac{1}{4}} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

**દાખલો ૫.**— $\frac{5}{8}$  ઇંચ જાડી બે સ્ટીલની પ્લેટને બેઝવા માટે બેવડી ક્વર-પ્લેટ સાથેના સીંગલ રીવેટ્ડ બટ બેઝન્ટ વપરાયો છે. રીવેટનો વ્યાસ  $\frac{9}{16}$  ઇંચ છે, તો રીવેટનો પીચ શોધો. શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં ૦.૮ છે

$$p = \frac{1.471 d^2 \times f_s}{t \times t} + d$$

$$= \frac{1.471 \times 9 \times 9 \times 2 \times 2}{2 \times 2 \times 1 \times 10} + \frac{9}{16}$$

$$= 2.026 \text{ ઇંચ} = \underline{2\frac{1}{4}} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

**દાખલો ૬.**— $\frac{5}{8}$  ઇંચ જાડી બે સ્ટીલની પ્લેટને બેઝવા માટે બેવડી ક્વર-પ્લેટ સાથેના ડબલ રીવેટ્ડ બટ બેઝન્ટ વપરાયો છે, તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરી રીવેટનો પીચ શોધો. પ્લેટનું

ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે, અને રીવેટનું શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

$$d = 1.2 \sqrt{t} = 1.2 \sqrt{5} = 1.2 \times 0.96 \\ = 0.84 \text{ ઇંચ} = \frac{69}{80} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

$$p = \frac{3 \cdot 142 d^2 \times fs}{t \times ft} + d \\ = \frac{3 \cdot 142 \times \frac{69}{80} \times \frac{69}{80} \times 23 \times 8}{58 \times 58 \times 4 \times 28} + \frac{69}{80} \\ = 8.0 \text{ ઇંચ} = 8\frac{1}{8} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

**દાખલો ૭.**—એક સીંગલ રીવેટડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{9}{16}$  ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ  $\frac{7}{8}$  ઇંચ છે, અને પીચ ૨ ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એરીશીઅન્સી ટકામાં નક્કી કરો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે, અને રીવેટનું શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે. વળી ત્યારે સાંધા પ્લેટનાં ચીરાઈ જવાથી તૂટી જાય ત્યારે રીવેટો ઉપરનો ક્રશીંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

ચીરાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એરીશીઅન્સી

$$\text{ટકામાં} = \frac{p - d}{p} \times 100 \\ = \frac{2 - \frac{9}{16}}{2} \times 100 = 56.25 \text{ ટકા.}$$

સીંગલ રીવેટડ જોઇન્ટમાં પીચ જેટલી સાંધાની પહોળાઈમાં રીવેટની સંખ્યા એક છે, માટે અહીંયા  $n = 1$  છે.

કપાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એરીશીઅન્સી

$$\text{ટકામાં} = \frac{a \times n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times 100 \\ = \frac{0.7258 d^2 n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times 100$$

$$= \frac{19248 \times 7 \times 7 \times 1 \times 15 \times 23 \times 100}{8 \times 8 \times 2 \times 7 \times 28}$$

$$= 45.84 \text{ ટકા}$$

ચીરાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ = કચડાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ

$$(p - d) t \times t = d t \times t/c$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{કચીંગ સ્પ્રેસ} &= c = \frac{(p - d) t \times t}{d t} \\ &= \frac{(2 - \frac{7}{8}) \times \frac{7}{8} \times 28}{\frac{7}{8} \times \frac{7}{8}} \\ &= \frac{8 \times 7 \times 28 \times 8 \times 15}{8 \times 15 \times 7 \times 7} \\ &= 32 \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ} \end{aligned}$$

**દાખલો ૮.**—એક ડબલ રીવેટડ લેપ નોટ્-ન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{3}{8}$  ઇંચ, રીવેટનો વ્યાસ  $1\frac{1}{4}$  ઇંચ, અને પીચ  $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એપ્રીશીયન્સી ટકામાં શોધો. શીઅરિંગ સ્પ્રેસ ટેન્સાઈલ સ્પ્રેસનાં  $\frac{1}{2}$  છે.

$$\begin{aligned} E_t &= \frac{(p - d)}{p} \times 100 \\ &= \frac{\frac{3}{8} - 1\frac{1}{4}}{\frac{3}{8}} \times 100 = 192.8 \text{ ટકા} \end{aligned}$$

ડબલ રીવેટડ નોટ્-ન્ટમાં પીચ નેટલી સાંધાની પહોળાઈમાં એ રીવેટ હોય છે, માટે અહીંયા  $n = 2$  છે.

$$\begin{aligned} E_s &= \frac{a \times n}{p \times t} \times \frac{f_s}{f_t} \times 100 \\ &= \frac{19248 d^2 n}{p \times t} \times \frac{f_s}{f_t} \times 100 \end{aligned}$$

$$= \frac{.૭૮૫૪ \times ૨૧ \times ૨૧ \times ૨ \times ૪ \times ૮ \times ૮ \times ૧૦૦}{૧૬ \times ૧૬ \times ૧૯ \times ૫ \times ૧૦}$$

$$= ૭૨.૯ ટકા$$

**દાખલો ૯.**—ડબલ ક્વર-પ્લેટ સાથના એક સીંગલ રીવેટડ બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{૩}{૪}$  ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ  $૧\frac{૩}{૮}$  ઇંચ છે, તો રીવેટોનાં પીચ શોધો, અને તે સાંધાની એપ્રીશીયન્સી ટકામાં શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે અને રીવેટનું શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

$$p = \frac{૧.૫૭૧ d^2 fs}{t ft} + d = \frac{૧.૫૭૧ \times ૯ \times ૯ \times ૧૬ \times ૨૩}{૮ \times ૮ \times ૧૫ \times ૨૮} + ૧\frac{૩}{૮}$$

$$= ૨.૮૬૭ ઇંચ = ૨\frac{૭}{૮} ઇંચ લગભગ.$$

$$Et = \frac{p - d}{p} \times ૧૦૦ = \frac{૨\frac{૭}{૮} - ૧\frac{૩}{૮}}{૨\frac{૭}{૮}} \times ૧૦૦ = ૬૦.૮૭ ટકા.$$

$$Es = \frac{a \times n \times ૨}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{.૭૮૫૪ \times ૯ \times ૯ \times ૧ \times ૨ \times ૮ \times ૧૬ \times ૨૩ \times ૧૦૦}{૮ \times ૮ \times ૨૩ \times ૧૫ \times ૨૮} = ૬૦.૫૯ ટકા.$$

**દાખલો ૧૦.**—ડબલ ક્વર-પ્લેટ સાથના એક ડબલ રીવેટડ બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{૩}{૪}$  ઇંચ છે, અને રીવેટનો વ્યાસ  $\frac{૭}{૮}$  ઇંચ છે, તો રીવેટોનો પીચ શોધો. વળી તે સાંધાની એપ્રીશીયન્સી ટકામાં શોધો. શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં ૭૫ છે.

$$p = \frac{૩.૧૪૨ d^2 fs}{t ft} + d = \frac{૩.૧૪૨ \times ૭ \times ૭ \times ૨ \times ૭૫}{૮ \times ૮ \times ૧ \times ૧} + \frac{૭}{૮}$$

$$= ૪\frac{૧}{૮} ઇંચ લગભગ.$$

$$Et = \frac{p - d}{p} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{૪\frac{૧}{૮} - \frac{૭}{૮}}{૪\frac{૧}{૮}} \times ૧૦૦ = ૮૦.૫ ટકા$$

$$E_s = \frac{a \times n \times 2}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times 100$$

$$= \frac{0.9248 \times 19 \times 17 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 0.94 \times 100}{1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1} = 100.2 \text{ ટકા}$$

**દાખલો ૧૧.**—એક સ્ટીલનાં નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ૭ ફુટ અને લંબાઈ ૩૦ ફુટ છે. શેલ પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{5}{16}$  ઇંચ છે અને શેલના લંબાઈના સાંધા બેવડી ક્વર પ્લેટ સાથના દબલ રીવેટેડ બટ જોઈન્ટ છે. આ સાંધાની એન્ટ્રી-સ્ટ્રીટ ૮૦ ટકા છે. જો સ્ટીલની પ્લેટનું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન્થ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન હોય, અને ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ લેવાનો હોય, તો તે બોયલરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સલામતી સાથે કાર્ય કરતું કેટલું દબાણ લઈ શકાશે ?

પ્લેટ ઉપર આવતું સાંધી વધુ ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ દબેશાં બોયલરની લંબાઈનાં છેદચિત્ર આગળ હોય છે, માટે

$$S = \frac{p \cdot d}{2 \cdot t} = \frac{p \cdot d}{2 \cdot t}$$

$$\therefore \text{તોડી નાંખનારું વરાળનું દબાણ} = p = \frac{S \times 2 \cdot t}{d}$$

બોયલરમાં બીજકુલ સાંધા નથી એમ માની લઈએ ત્યારે તોડી નાંખનારું દબાણ ઉપર આપ્યા પ્રમાણે હોય છે.

પણ બોયલરના સાંધાની એન્ટ્રી-સ્ટ્રીટ ૮૦ ટકા આપેલી છે, માટે

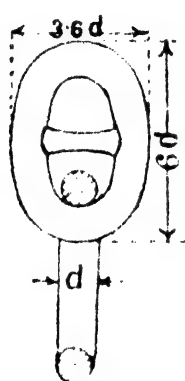
$$\text{સાંધા આગળનું તોડી નાંખનારું દબાણ} = p = \frac{S \times 2 \cdot t}{d} \times \frac{100}{100}$$

ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ આપેલો છે, માટે

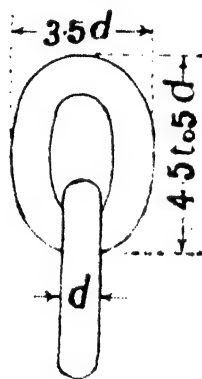
$$\text{સલામતી સાથે કાર્ય કરતું દબાણ } p = \frac{S \times 2 \cdot t}{d} \times \frac{100}{600} \times \frac{1}{6}$$

$$= \frac{28 \times 2240 \times 2 \times 4 \times 100}{1 \times 17 \times 12 \times 1000 \times 6} = 124.8 \text{ પાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

**સાંકળ ઉપરનાં જોર.**—સાંકળના અંકોડા અથવા કડી (લીંક link) ઉપર ખેંચાણનું જોર આવવાથી કડીઓની બાબુઓ અંકેકની વધારે નજદીક આવવાનું વલણ કરે છે. આ કારણને લીધે વહાણને લંગરવા માટેની સાંકળ જે ઉપર ઘણાં ઓચિંતાં અને સખત જોરો આવે છે તેની કડીઓની અંદરની બાબુઓ વચ્ચે સ્ટડ અથવા ફાંચર આકૃતિ ૩૨માં દેખાડ્યા પ્રમાણે બેસાડવામાં આવે છે. આ સાંકળને સ્ટડ-લીંક ચેન (stud-link chain) કહેવામાં આવે છે.



આકૃતિ ૩૨.



આકૃતિ ૩૩.

આ સ્ટડો કડીની બાબુઓને ઘણીજ અસરકારક રીતે અંકેકથી દુર રાખે છે અને ક્રાઈપિણ કડીને તેની પાસેની ખીણ કડી સાથે ભીડાઈ જતી અટકાવે છે. તેઓ અવશ્ય કરીને સાંકળનાં જોરમાં વધારો કરે છે, કારણ કે તેઓ દબાણમાં હોય છે જ્યારે કડીની બાબુઓ ખેંચાણમાં હોય છે. આકૃતિ ૩૩માં સાદી ઓપન-લીંક (open-link) એટલે ખુલ્લી કડી તેના માપોનાં પ્રમાણ સાથે બતાવી છે.

સાંકળની સ્ટડવાળી કડી (સ્ટડ-લીંક)નું જોર જે વ્યાસનાં અને જે જાતનાં માઈલ્ડ સ્ટીલની તે કડી બનાવેલી છે તેજ વ્યાસનાં અને તેજ જાતનાં માઈલ્ડ સ્ટીલના સળીયાના બમણા જોરની બરાબર છે, અને સંપૂર્ણ તથા ઉત્તમ રીતે વેલ્ડ કરેલી ખુલ્લી કડી (ઓપન લીંક) વાળી સાંકળનું જોર સ્ટડ-લીંકવાળી સાંકળનાં જોરનાં માત્ર લગભગ ૭૦

ટકા હોય છે, અને કોઈ કોઈ વેળા આ ૭૦ ટકાથી પણ ઓછું જોર લેવા દેવામાં આવે છે.

સાંકળો ઉપર સલામતી સાથે લઈ શકાતો લોડ અથવા વજન શોધવા માટેની ફોર્મ્યુલા ( કુચી ) નીચે પ્રમાણે છે.

જો,  $W$  = સલામતી સાથે લઈ શકાતો લોડ અથવા વજન ટનમાં.

$d$  = સાંકળની કડીની ધાતુનો વ્યાસ ઈંચમાં.

તારે,  $W = ૭ d^2$ .

ઉપલી ફોર્મ્યુલા નીચે પ્રમાણેની રીતે મેળવેલી હોય છે. આપણે ધાતુઓનાં અલ્ટીમેટ અને સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસનો કોડો તપાસીશું તો આપણને માલમ પડશે કે નરમ પોલાદ માટેનું સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૬ ટન છે, પણ સાંકળની કડીને વેલ્ડ કરેલી હોવાથી તેમજ તે ઉપર વાળવાનું કાર્ય કરેલું હોવાથી આ સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસનાં ૨૦ ટકા જેટલું સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ સાંકળની કડીની માઈલ્ડ સ્ટીલની ધાતુ માટે લેવું જોઈએ, એટલે લગભગ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૪૦૮ ટન જેટલું સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ લેવામાં આવે છે.

જે વ્યાસનાં અને જે જાતનાં માઈલ્ડ સ્ટીલની સાંકળ બનાવેલી હોય છે તેજ વ્યાસનાં અને તેજ જાતનાં માઈલ્ડ સ્ટીલના સળીયા ઉપર જે લોડ ટેકવી શકાય છે તે લોડથી બમણો લોડ અથવા વજન સાંકળ ઉપર લટકાવી શકાય છે.

∴  $W = ૨ \times$  સાંકળનાં સ્ટીલનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ.

$$= ૨ \times ૭૮૫૪ \times d^2 \times ૪૦૮.$$

$$= ૭૦૫ d^2.$$

ઉપલું પરિણામ અનુભવથી સિદ્ધ કરેલી આગળ આપેલી ફોર્મ્યુલા (  $W = ૭ d^2$  )ને લગભગ મળતું આવે છે.

સાંકળ ઉપર સલામતી સાથે લટકાવી શકાતો લોડ નક્કી કરવાનો બીજો નિયમ જે એન્ડર્સનના નિયમ તરીકે જાણીતો છે તે નીચે પ્રમાણે છે:—



$$W \text{ ટનમાં} = \frac{(\text{વ્યાસ દોરામાં})^2}{૧૦}$$

જે સાંકળો ઉપર ઘણા ઓર્થિતા આંચકા આવતા હોય તેવી સાંકળો ( જેવી કે, કેન માટેની વજનો ઉપાડવાની સાંકળ અને વજનને ઉપાડવા માટે તેની ફરતે બાંધવામાં આવતી સાંકળ )ની ધાતુ અંતે સ્ફટિકમય થાય છે અથવા તેના રેખા ટુંકા થાય છે, અને પરિણામે બરડ અને બીનસલામત બને છે. આ અંદરની સ્થિતિ નિયમિત વખતે દુર કરવા માટેની જે ઉત્તમ સાવચેતી ગ્રહણ કરવામાં આવે છે તે એ છે કે સાંકળને દર વર્ષે બહાર કાઢી તેને એનીસ કરવામાં આવે છે, અથવા ભટ્ટીમાં ઘણે ધીમે ધીમે ગરમ કરી લાલચોલ કરવામાં આવે છે અને ત્યાર પછી ગરમ રાખ અથવા બેલટના ઢગમાં બંધ કરી ધીમે ધીમે ઠંડી થવા દેવામાં આવે છે.

**સાંકળનું વજન શોધવાનો નિયમ:—**દર ફેધમ ( ૬ ફુટ ) લંબાઈ દીઠ સાંકળનું વજન પૌંડમાં = ૬૦ ટન<sup>૨</sup>, એમાં ૮ = સાંકળની કડીની ધાતુનો વ્યાસ ઇંચમાં.

**દાખલો ૧૨.—**એક સાંકળની કડીઓને  $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ વ્યાસના માઈલ્ડ સ્ટીલના સળીયામાંથી બનાવવામાં આવી છે, તો તે સાંકળ ઉપર સલામતી સાથે કેટલું વજન લટકાવી શકાશે ? જે સાંકળની લંબાઈ ૧૦૦ ફુટ હોય તો તેનું વજન શોધો ?

$$W = ૭ \text{ ટન}$$

$$= ૭ \times \frac{૧}{૨} \times \frac{૧}{૨} = \frac{૭}{૪} = ૧\frac{૩}{૪} \text{ ટન}$$

દર ફેધમ લંબાઈ દીઠ સાંકળનું વજન પૌંડમાં = ૬૦ ટન<sup>૨</sup>

$$= ૬૦ \times \frac{૧}{૨} \times \frac{૧}{૨}$$

$$= ૧૫ \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore ૧૦૦ \text{ ફુટ લંબાઈનું વજન} = \frac{૧૦૦ \times ૧૫}{૬} = \underline{\underline{૨૫૦ \text{ પૌંડ}}}$$

**નક્કર ગોળ શાફ્ટનું બળ.**—શાફ્ટ લોખંડ અથવા નરમ પોલાદના ગોળ સળીયા છે જે ગતિ અને શક્તિને એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઈ જવા માટે વપરાય છે. જે શાફ્ટ ઉપર પુલી અથવા વ્હીલ તેને સ્થાને સજ્જડ એસાડી તે પુલી અથવા વ્હીલની રીમ ઉપર જેર લાગુ પાડવામાં આવે, તો તે શાફ્ટ અમળાવી નાંખનારાં મોમેન્ટ જેને ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્શનલ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક (twisting moment અથવા torsional moment, અથવા torque) કહે છે તેને આધિન થશે. આ અમળાવી નાંખનારાં એટલે ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ જેર અને જે લીવરેજે જેર કાર્ય કરે છે તે લીવરેજનો ગુણાકાર છે; દાખલા તરીકે, જે શાફ્ટ ઉપર ૨ ફૂટ વ્યાસની પુલી સજ્જડ કરેલી હોય અને તે પુલીની રીમ ઉપર ૩૦૦ પાઉન્ડ જેર લાગુ પાડવામાં આવે તો અમળાવી નાંખનારું મોમેન્ટ એટલે ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ =  $૩૦૦ \times ૧ = ૩૦૦$  ફૂટ-પાઉન્ડ થશે. જે લીવરેજને ઈંચમાં લેવામાં આવે, તો ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ =  $૩૦૦ \times ૧૨ = ૩૬૦૦$  ઈંચ-પાઉન્ડ થશે. શાફ્ટ ઉપરનાં ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક માટેનો ધણા સુગમ ભરેલો એકમ ધણું કરીને ઈંચ-પાઉન્ડ છે, પણ ફૂટ-પાઉન્ડ, ફૂટ-ટન, અને ઈંચ-ટન પણ વપરાય છે. કોઈ કોઈ વાર આ એકમ પાઉન્ડ-ઈંચ, પાઉન્ડ-ફૂટ, અને ટન-ઈંચ એમ પણ લખાય છે.

તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક સામે ટકી રહેવાનાં નક્કર નળાકાર શાફ્ટોનાં જેર તે શાફ્ટોના વ્યાસોનાં ઘન (cube)નાં પ્રમાણમાં છે. ધારોકે ત્રણ શાફ્ટના વ્યાસ અનુક્રમે ૧, ૨, અને ૩ છે, ત્યારે અમળાવી નાંખનારાં મોમેન્ટ એટલે ત્વીસ્ટીંગ અથવા તોર્શનલ મોમેન્ટની સામે ટકી રહેવાનાં તેમનાં જેર (તોર્શનલ સ્ટ્રેન્થ torsional strength) =  $૧^૩ : ૨^૩ : ૩^૩ = ૧ : ૮ : ૨૭$  થશે.

**દાખલો ૧૩.**—ત્રણ શાફ્ટ જેના વ્યાસો અનુક્રમે ૧.૫, ૩, અને ૪ ઈંચ છે તેનાં સંબંધી તોર્શનલ જેરો શોધો.

$$૧૦૫૩ : ૩૩ : ૪૩$$

$$\therefore ૩૩૭૫ : ૨૭ : ૬૪$$

એક ઈંચ વ્યાસની સારી જાતનાં ઘડતર લોહાંની શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૮૦૦ ફુટ-પૌંડ અથવા ૯૬૦૦ ઈંચ-પૌંડનાં તોડી નાંખનારાં (રપ્ચરીંગ) ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી રહે છે. એનો અર્થ એ થાય છે કે જો શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલી પુલી અથવા વ્હીલ કે જેની ઉપર જોર લાગુ પાડવામાં આવ્યું હોય તેની ત્રિજ્યા ૧ ફુટ હોય તો તેની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ ૮૦૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી શકાય છે. જો લીવરેજ ઘટાડીને ૬ ઈંચ કરવામાં આવે એટલે પુલીની ત્રિજ્યા ૬ ઈંચ હોય તો તેની રીમ ઉપર ૧૬૦૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી શકાશે, અને એ પ્રમાણે આગળ સમજાવું; અથવા

જો  $R$  = લીવરની લંબાઈ અથવા પુલીની ત્રિજ્યા ફુટમાં હોય,  
અને  $P$  = પુલી અથવા વ્હીલની રીમ ઉપરનું જોર અથવા દબાણ પૌંડમાં હોય,

$$\text{તો } P \times R = ૮૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore P = \frac{૮૦૦}{R} \text{ પૌંડ, અને } R = \frac{૮૦૦}{P} \text{ ફુટ.}$$

વ્યવહારમાં તોડી નાંખનારાં (રપ્ચરીંગ rupturing) ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટનાં દૈથી જો કરતાં વધુ જોર શાફ્ટ ઉપર લેવામાં આવતું નથી.

**દાખલો ૧૪.**—એક ઈંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર ૧૫ ઈંચ અને ૨૪ ઈંચ વ્યાસની બે પુલીઓ ચાવી મારી સજ્જડ કરેલી છે, તો તે દરેક પુલીની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું જોર સ્વતંત્ર રીતે લાગુ પાડી શકાય ?

$$P \times R' = ૮૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\text{અથવા } P \times R'' = ૯૬૦૦ \text{ ઈંચ-પૌંડ.}$$

$$\therefore P = \frac{૯૬૦૦}{R''}$$

$$\therefore P = \frac{૬૬૦૦}{૭.૫} = \underline{૧૨૮૦ \text{ પૌંડ}}$$

$$P = \frac{૬૬૦૦}{૧૨} = \underline{૮૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

**દાખલો ૧૫.**—૨ $\frac{૧}{૨}$  ઈંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર ૩ ફુટ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે, તો તે પુલીની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું નેર લાગુ પાડી શકાય ?

એક ઈંચ વ્યાસની શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૮૦૦ ફુટ-પૌંડ અથવા ૬૬૦૦ ઈંચ-પૌંડનાં તોડી નાંખનારાં ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી રહે છે, માટે એક ઈંચની શાફ્ટ માટે પુલીની રીમ ઉપર લાગુ પાડી

શકાતું સૌથી વધુમાં વધુ નેર  $P = \frac{૮૦૦}{R'} = \frac{૮૦૦}{૧.૫}$  પૌંડ

ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ સામે ટકી રહેવાનાં નક્કર શાફ્ટોનાં નેર તે શાફ્ટોના વ્યાસના ધન (cube)નાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$૧^૩ : ૨.૨૫^૩ :: \frac{૮૦૦}{૧.૫} : P$$

$$\therefore P = \frac{૨.૨૫ \times ૨.૨૫ \times ૨.૨૫ \times ૮૦૦}{૧.૫} = \underline{૬૦૭૫ \text{ પૌંડ}}$$

**દાખલો ૧૬.**—એક ૩ ઈંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર ચાવીથી સજ્જડ કરેલી ૪ ફુટ વ્યાસની પુલીની રીમ ઉપર કેટલું નેર અથવા ખેંચાણ લાગુ પાડવાથી તે શાફ્ટ તૂટી જશે ?

એક ઈંચ વ્યાસની શાફ્ટને તોડી નાંખવા માટે પુલીની રીમ ઉપર લાગુ પાડી શકાતું નેર  $P = \frac{૮૦૦}{R'} = \frac{૮૦૦}{૨}$  પૌંડ.

$$૧^૩ : ૩^૩ :: \frac{૮૦૦}{૨} : P$$

$$\therefore P = \frac{૩ \times ૩ \times ૩ \times ૮૦૦}{૨} = \underline{૧૦૮૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

## પોકળ અને નક્કર શાફ્ટનાં બળની સરખામણી ૧૭૫

**પોકળ શાફ્ટનાં બળની નક્કર શાફ્ટનાં બળ સાથે સરખામણી.**—મરીન એન્જીનની પ્રોપેલર શાફ્ટ કાઢ કાઢ વેળાએ પોકળ બનાવવામાં આવે છે. નક્કર શાફ્ટ સાથે સરખાવતાં પોકળ શાફ્ટનાં અમળાઇ જવાનાં જોર (તોર્શનલ સ્ટ્રેન્થ)નું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

ધારો કે,  $D$  = નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ.

અને  $d$  = પોકળ શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ.

ત્યારે, નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં બળોનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

$$D^3 : \frac{D^4 - d^4}{D}$$

નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં વજનોનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

$$D^2 : D^2 - d^2$$

**દાખલો ૧૭.**—એ શાફ્ટ જેમાંની એક નક્કર અને બીજી પોકળ છે તેનાં જોરો અને વજનોની સરખામણી કરો. નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે અને પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે.

$$D^3 : \frac{D^4 - d^4}{D}$$

$$૧૦ \times ૧૦ \times ૧૦ : \frac{(૧૦ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ૧૦) - (૫ \times ૫ \times ૫ \times ૫)}{૧૦}$$

$$૧૦૦૦ : \frac{૧૦૦૦૦ - ૬૨૫}{૧૦}$$

$$૧૦૦૦ : ૯૩૭૫$$

$$૧૦૦ : ૯૩૭.૫$$

$$૧૬ : ૧૫$$

અથવા, પોકળ શાફ્ટનું બળ નક્કર શાફ્ટ કરતાં સંકડે માત્ર ૬૨૫ ટકા ઓછું છે, પણ તેમનાં વજનોનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

$$\begin{aligned}
 D^2 & : D^2 - d^2 \\
 10^2 & : 10^2 - 4^2 \\
 100 & : 96 \\
 4 & : 3
 \end{aligned}$$

અથવા પોક્ષણ શાફ્ટનું વજન નક્કર શાફ્ટનાં વજન કરતાં સેંકડે ૨૫ ટકા ઓછું છે.

**ત્વીસ્તીંગ અથવા તોર્શનલ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક શાધવાની બીજી રીત.**—એ તો સ્પષ્ટ છે કે જે પળે શાફ્ટ અમળાઈને તૂટી જાય છે તે પળે શાફ્ટે ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની બરાબરનું અવરોધનું મોમેન્ટ અથવા શીઅરીંગ (કાપી નાંખનારાં જોરનું) મોમેન્ટ રજુ કરવું જોઈએ. કપાઈને તૂટી જવાનું ક્ષેત્રફળ શાફ્ટનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ છે, જે  $\frac{\pi}{4} D^2$  છે, એમાં  $D$  = શાફ્ટનો વ્યાસ છે. આ અવરોધ જે સરેરાશ આર્મ અથવા લીવરેજે કાર્ય કરે છે તે આર્મ અથવા લીવરેજ શાફ્ટની અર્ધી ત્રિત્યા બરાબર છે એમ દર્શાવી શકાય. તેટલા માટે, સરેરાશ આર્મ =  $\frac{r}{2} = \frac{D}{4}$ .

જે શાફ્ટની ધાતુનાં છેદચિત્રનાં દર મોરસ ઇચ દીઠ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ =  $f$  હોય, તો કપાઈ જવાની સામે થતો કુલ અવરોધ એટલે શીઅરીંગ રીઝીસ્ટન્સ (shearing resistance) = શાફ્ટનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ  $\times f = \frac{\pi}{4} D^2 \times f$  અને

$$\begin{aligned}
 \text{કુલ શીઅરીંગ મોમેન્ટ} &= \text{કુલ શીઅરીંગ રીઝીસ્ટન્સ} \times \text{લીવરેજ} \\
 &= \frac{\pi}{4} D^2 \times f \times \frac{D}{4}
 \end{aligned}$$

આ શીઅરીંગ મોમેન્ટ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની બરાબર થવું જોઈએ.

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ =  $P \times R$  છે,

એમાં  $P$  = પુલી અથવા બ્લીકની રીમ ઉપર લાગુ પાડેલું જોર,

અને  $R$  = પુલી અથવા બ્લીકની ત્રિત્યા.

## પોક્ષળ અને નક્કર શાફ્ટનાં બળની સરખામણી ૧૭૭

$$\therefore P \times R = \frac{\pi}{8} D^3 \times f \times \frac{D}{8}$$

$$= \frac{\pi}{64} D^3 f$$

$$\therefore \text{ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ} = T = \frac{3 \cdot 1816}{64} D^3 f$$

$$\therefore T = 0.125 D^3 f$$

$$\text{અથવા, } D = \sqrt[3]{\frac{T}{0.125 f}} = \sqrt[3]{4 \cdot 1 \times \frac{T}{f}}$$

પોક્ષળ શાફ્ટ માટે ત્વીસ્તીંગ અથવા તોર્શનલ

$$\text{મોમેન્ટ} = T = \frac{\pi}{64} \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) f$$

$$= 0.125 \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) f$$

લગભગ ૯ ઇંચના વ્યાસ સુધીની ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ માટે શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ  $f$  ધણું કરીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦૦૦ પૌંડ લેવામાં આવે છે, અને ૯ ઇંચ ઉપરાંતના વ્યાસ માટે ૮૦૦૦ પૌંડ લેવામાં આવે છે. સ્ટીલની શાફ્ટ માટે  $f$ ની કિંમત અનુક્રમે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦૦૦ પૌંડ અને ૧૦૦૦૦ પૌંડ લેવામાં આવે છે.

કોઈ પણ એક ચોક્કસ ધાતુ માટે શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ  $f$  નિયંત્રિત છે, તેજ પ્રમાણે દરેક શાફ્ટ માટે  $\pi$  અને ૧૬ પણ નિયંત્રિત છે, તેટલા માટે

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ  $P \times R$  એ  $D^3$ નાં પ્રમાણમાં છે. જે પણ શાફ્ટ તૂટી જાય છે તે પણ શાફ્ટનું જોર ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ  $P \times R$ ને બરાબર સમતોલ કરે છે અથવા ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ  $P \times R$ ની બરાબર છે.

તેટલા માટે શાફ્ટનું જોર  $D^3$ નાં પ્રમાણમાં છે, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો શાફ્ટોનાં જોર તેના વ્યાસોનાં ઘનનાં પ્રમાણમાં છે, જેનો આપણે આગળ ઉપયોગ કર્યો છે.

**દાખલો ૧૮.**—એક ઘડતર લોહાંની શાફ્ટ ઉપર ૩૬ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જ કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૧૦ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ  $= T = 10 \times 2240 \times 12$  ઇંચ-પૌંડ.

$$T = 0.145 D^3 f$$

$$\begin{aligned} \therefore D &= \sqrt[3]{\frac{T}{0.145 f}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{10 \times 2240 \times 12}{0.145 \times 12000}} \\ &= \sqrt[3]{222.4} = 6.06 \text{ ઇંચ} \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૯.**—એક નરમ પોલાદની પોક્ષણ શાફ્ટ ઉપર ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જ કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૮ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે આ પોક્ષણ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ? શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસના  $\frac{2}{3}$  જેટલો છે.

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ  $= T = 8 \times 2240 \times 12 = 262400$  ઇંચ-પૌંડ

$$T = 0.145 \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) f$$

$$262400 = 0.145 \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) \times 12000$$

$$\therefore \frac{D^4 - \left(\frac{2}{3}D\right)^4}{D} = \frac{262400}{0.145 \times 12000} = \frac{15}{1}$$



શાફ્ટીંગ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર ૧૭૯

$$\therefore \frac{D \times D \times D \times D}{D} = \frac{3D \times 3D \times 3D \times 3D}{D} = \frac{45}{.84}$$

$$\therefore D^3 = \frac{45}{.84} D^3 = \frac{45}{.84}$$

$$\frac{45}{.84} D^3 = \frac{45}{.84}$$

$$\therefore D^3 = \frac{45 \times .84}{.84 \times 45}$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{\frac{45 \times .84}{.84 \times 45}} = \sqrt[3]{182.819}$$

બહારનો વ્યાસ = ૫.૨૨ ઇંચ

$$\text{અંદરનો વ્યાસ} = \frac{૫.૨૨ \times ૨}{૩} = \underline{૩.૪૮ ઇંચ}$$

શાફ્ટીંગ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર.—

એક શાફ્ટ સલામતી સાથે જે શક્તિનું સંચારણ કરે છે તે તે શાફ્ટને જે ઝડપે ફેરવવામાં આવે છે તે ઝડપનાં પ્રમાણમાં હોય છે; દાખલા તરીકે, દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરતી એક શાફ્ટ જે ૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે છે, તો તેજ શાફ્ટ ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ૧૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ સલામતી સાથે કરી શકશે; અને એજ પ્રમાણે આગળ સમજવું.

દાખલો ૨૦.—જો એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૪૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૬ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તેજ શાફ્ટને જે દર મીનીટે ૨૪૦ આંટાની ઝડપે ફેરવવામાં આવે તો તે કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે ?

$$૪૦ : ૨૪૦ :: ૬ : \text{હોર્સપાવર}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૨૪૦ \times ૬}{૪૦} = \underline{૩૬}$$

**દાખલો ૨૧.**—જો ૨ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરી બીજી શાફ્ટ ઉપર ૧૬ હોર્સપાવર મોકલી શકે છે, તો ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી કેટલા હોર્સપાવર મોકલી શકશે ?

$$૨૩ : ૩૩ :: ૧૬ : \text{હોર્સપાવર}$$

$$૧૬૦ : ૧૨૦$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૩ \times ૩ \times ૩ \times ૧૨૦ \times ૧૬}{૨ \times ૨ \times ૨ \times ૧૬૦} = \frac{૮૧}{૨} = \underline{૪૦.૫}$$

**દાખલો ૨૨.**—૩ ઇંચ વ્યાસની સારી જાતનાં ઘડતર લાઢાંની એક શાફ્ટને જ્યારે તે ઉપર સજ્જડ કરેલી ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી વડે દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફેરવવામાં આવે છે ત્યારે તે શાફ્ટ ઉપરથી કેટલા હોર્સપાવર લઈ જઈ શકાશે ? શાફ્ટ ઉપર તેનાં અલ્ટીમેટ અથવા એકીંગ સ્વંચનાં ફીટથી વધુ જોર લેવાનું નથી, અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ફીટ લેવાનો છે.

સારી જાતનાં ઘડતર લોઢાંની ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧ ફુટનાં લીવરેજે લાગુ પાડેલાં વધુમાં વધુ ૮૦૦ પૌંડનાં જોર વડે તૂટી જાય છે, એટલે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૮૦૦ ફુટ-પૌંડનાં તોડી નાંખનારાં એટલે રિયરિંગ ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટની સામે ટકા રહે છે. ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ફીટ લેવાનો છે, માટે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર સલામતી સાથે લઈ શકાતું (સેફ વર્કીંગ) ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ = ૮૦૦ ફુટ-પૌંડ.

$$P \times R = \frac{૮૦૦}{૧૦} \text{ ફુટ-પૌંડ}$$

$$\therefore P = \frac{૮૦૦}{૧૦ \times R} = \frac{૮૦૦}{૧૦ \times ૧.૨૫} \text{ પૌંડ}$$

$$૧૩ : ૩૩ :: \frac{૮૦૦}{૧૦ \times ૧.૨૫} : P$$

$$\therefore P = \frac{3 \times 3 \times 3 \times 100}{10 \times 1.25} = 192 \text{ પૌંડ}$$

આ જોર અથવા દબાણ એક મીનીટમાં જે અંતરે કાર્ય કરે છે તે અંતર = પુલીનો પરિધ  $\times$  એક મીનીટમાં આંટાની સંખ્યા =  $2.5 \times 3.1416 \times 150$ .

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં થયેલું કામ} = 192 \times 2.5 \times 3.1416 \times 150$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{192 \times 2.5 \times 3.1416 \times 150}{33000} = \underline{64.2}$$

દાખલો ૨૩.—એક કેનમાં સાંકળ ઉપરનું ખેંચાણ ૬ ટન છે, અને જે ત્રિજ્યાએ આ ખેંચાણ કરવામાં આવે છે તે ૮ ઇંચ છે. જો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી  $\frac{1}{8}$  લેવામાં આવે તો શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

$$\begin{aligned} \text{ત્રીસ્તીંગ મોમેન્ટ} = T &= 6 \times 2240 \times 8 \\ &= 107520 \text{ ઇંચ-પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$13 : D^3 :: \frac{107520}{107520} : 107520$$

$$\therefore D^3 = \frac{107520 \times 10}{1000} = 112$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{112} = \underline{4.82 \text{ ઇંચ}}$$

ત્રીસ્તીંગ મોમેન્ટ અને શાફ્ટ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર વચ્ચેનો સંબંધ અને આપેલા હોર્સપાવરને લઈ જવા માટે જોઈતો શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરવાની રીત :—

ધારોકે,  $P$  = શાફ્ટ ઉપર ખેસાડેલી પુલી અથવા બહીલની રીમ ઉપર અથવા કેંક-આર્મના છેડા ઉપર આવતું નિયંત્ર જોર અથવા દબાણ પૌંડમાં.

$R$  = પુલી અથવા બહીલની ત્રિજ્યા ઇંચમાં, અથવા જે લીવરને જોર અથવા દબાણ લાગુ પાડવામાં આવતું હોય તે લીવરેજ ઇંચમાં.

$N$  = શાફ્ટના આંટાની સંખ્યા એક મીનીટમાં.

$f$  = શાફ્ટના છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું  
શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ પૌંડમાં.

$T$  = સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ઇંચ-પૌંડમાં, અથવા  
કોઈ કોઈવાર જેમ લખાય છે તેમ પૌંડ-ઇંચમાં.

ત્યારે, એક આંટામાં થતું કામ =  $\frac{P \times 2\pi R}{12}$  ફુટ-પૌંડ.

અને એક મીનીટમાં થતું કામ =  $\frac{P \times 2\pi RN}{12}$  ફુટ-પૌંડ.

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{P \times 2\pi RN}{12 \times 33000}$$

પણ  $T = P \times R$  ઇંચ-પૌંડ.

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = H. P. = \frac{T \times 2\pi N}{12 \times 33000}$$

$$\therefore T = \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2\pi N}$$

$$\text{પણ } T = \frac{\pi}{16} D^3 f = .147 D^3 f$$

$$\therefore .147 D^3 f = \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2\pi N}$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{\frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2\pi N \times .147 f}}$$

અહીંઆ આપણે ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ લીધું છે અને તે નિયંત્ર રહે છે એમ માની લીધું છે. પણ વ્યવહારમાં ઘણા દાખલામાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ફેરફાર થાય છે અને આ માટે છુટ મુકવાને વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટને. સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટનું ૧.૩થી ૧.૫ ગણું લેવામાં આવે છે, જેથી ઉપર મેળવેલા શાફ્ટના વ્યાસની કિંમત સરેજ વધે છે.

વળી એ પણ ધ્યાનમાં રાખવું જોઈએ કે પુલીઓ અને પટાનાં ખેંચાણને લીધે શાફ્ટો ઉપર જે લોડ પડે છે તે લોડને લીધે શાફ્ટો વળી જવાને તેમજ અમળાઈ જવાને આધિન હોય છે. આ કારણે જ્યારે માત્ર અમળાઈ જવાનું જોર ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે ત્યારે

$$\text{શાફ્ટનો વ્યાસ શોધવાનો નિયમ:- } D = \sqrt[3]{\frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N \times 0.166 f}}$$

છે પણ જ્યારે વળી જવાનું જોર પણ ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે ત્યારે શાફ્ટનો વ્યાસ શોધવાનો નિયમ—

$$D = C \times \sqrt[3]{\frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N \times 0.166 f}}$$

ઉપર આપેલા નિયમમાં ગુણક Cની કિંમત નીચે આપેલા કોઠામાં દર્શાવી છે:—

શાફ્ટની જાત	Cની કિંમત
સ્ટીમરની પ્રોપેલર શાફ્ટ અને એવીજ જાતના લોડ સાથની શાફ્ટ ... ..	૧.૧૩
મીલની લાઈન શાફ્ટીંગ, વિગેરે... ..	૧.૦૩
ફ્રંક શાફ્ટ અને જે શાફ્ટીંગ ઉપર આંચકા આવતા હોય તે શાફ્ટીંગ, જેવી કે કેટલાંક મશીન-ટુલ્સની શાફ્ટ ... ..	૧.૪૨

દાખલો ૨૪.—એક શાફ્ટ ૩૫૦૦૦ ઇંચ-પૉંડનાં ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટને આધિન છે, અને તે દર મીનીટ ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો.

$$\begin{aligned} H. P. &= \frac{T \times 2 \pi N}{12 \times 33000} \\ &= \frac{35000 \times 2 \times 22 \times 100}{12 \times 33000} = \underline{\underline{૫૫.૫ \text{ ઇંચ}}} \end{aligned}$$

દાખલો ૨૫.—એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૪૦ આંટાની ઝડપે ફરી હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તેની ઉપર આવતું ત્વીર્સ્તીંગ મોમેન્ટ શોધો ?

$$T = \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N}$$

$$\frac{12 \times 33000 \times 10 \times 12}{2 \times 22 \times 240} = 15950 \text{ ઇંચ-પૌંડ}$$

દાખલો ૨૬.—એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો જોઈશે તે શોધો ?

$$T = \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N}$$

$$\text{પણ } T = 0.185 D^3 f \text{ છે}$$

$$\therefore 0.185 D^3 f = \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N}$$

$$\therefore D^3 = \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N \times 0.185 f}$$

$$= \frac{12 \times 33000 \times 10 \times 12}{2 \times 22 \times 120 \times 0.185 \times 10000}$$

$$= 2.695$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{2.695} = 1.384 \text{ ઇંચ}$$

દાખલો ૨૭.—ધારો કે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૨૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનાં ટર્નીંગ મોમેન્ટ (ત્વીર્સ્તીંગ મોમેન્ટ)ની સામે સલામતી સાથે ટકી શકે છે, તો તેજ ધાતુની ૨ $\frac{1}{2}$  ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલાં ટર્નીંગ અથવા ત્વીર્સ્તીંગ મોમેન્ટની સામે સલામતી સાથે ટકી શકશે ? જો આ ૨ $\frac{1}{2}$  ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરતી હોય અને સલામતી સાથે લઈ શકાતો શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર

ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨ ટન હોય તો આ શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ?

$$૧૩ : ૨.૫૩ :: ૨૦૦૦ : T$$

$$\therefore T = \frac{૨.૫ \times ૨.૫ \times ૨.૫ \times ૨૦૦૦}{૧ \times ૧ \times ૧}$$

$$= ૩૧૨૫૦ \text{ પૌંડ-ઇંચ}$$

$$T = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H. P.}{૨ \pi N}$$

$$\text{પણ } T = ૦.૧૯૬ D^3 f$$

$$\therefore ૦.૧૯૬ D^3 f = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H. P.}{૨ \pi N}$$

$$\therefore H. P. = \frac{૦.૧૯૬ D^3 f \times ૨ \pi N}{૧૨ \times ૩૩૦૦૦}$$

$$= \frac{૦.૧૯૬ \times ૨.૫ \times ૨.૫ \times ૨.૫ \times ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૨ \times ૨૨ \times ૧૫૦}{૭ \times ૧૨ \times ૩૩૦૦૦}$$

$$= ૩૨.૬$$

દાખલો ૨૮.—એક મરીન એન્જીનની સ્કુ-શાફ્ટનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે અને તે દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. આ એક (સિંગલ single) સ્કુ-શાફ્ટને બદલે બેવડી (ત્વીન twin) સ્કુ-શાફ્ટ ગોઠવવામાં આવી, જે દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો બન્ને બાબતમાં ઉત્પન્ન થતા હોર્સપાવર સરખા હોય અને કાર્ય કરતાં સ્પેસ પણ સરખા હોય, તો બેવડી સ્કુ-શાફ્ટમાંની દરેક શાફ્ટનો જોઈતો વ્યાસ શોધો, અને તેમનાં વજનો સરખાવો.

ધારો કે,  $D_1$  = એકવડી (સિંગલ) સ્કુ-શાફ્ટનો વ્યાસ.

$D_2$  = બેવડી (ત્વીન) સ્કુ-શાફ્ટમાંની દરેક શાફ્ટનો વ્યાસ.

$N_1$  = સિંગલ શાફ્ટના આંટાની સંખ્યા દર મીનીટે.

$N_2$  = ત્વીન સ્કુ-શાફ્ટના આંટાની સંખ્યા દર મીનીટે.

H. P. = દરેક બાબતમાં ઉત્પન્ન થતા કુલ હોર્સપાવર.

$f$  = દરેક બાબતમાં કાર્ય કરતું સ્પેસ પૌંડમાં.

$$\therefore D_1 = \sqrt[3]{\frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N_1 \times 0.125 f}}$$

$$\text{અને } D_2 = \sqrt[3]{\frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi N_2 \times 0.125 f}}$$

$$D_1^3 : D_2^3 :: \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{2 \pi \times 100 \times 0.125 f} : \frac{12 \times 33000 \times H. P.}{4 \pi \times 150 \times 0.125 f}$$

$$\therefore D_1^3 : D_2^3 :: \frac{1}{200} : \frac{1}{600}$$

$$:: 3 : 1$$

$$\therefore D_1 : D_2 :: \sqrt[3]{3} : \sqrt[3]{1}$$

$$:: \sqrt[3]{3} : 1$$

$$\therefore D_1 = D_2 \sqrt[3]{3}$$

$$\therefore 10 = 1.882 D_2$$

$$\therefore D_2 = \frac{10}{1.882} = \underline{\underline{5.32 \text{ ઇંચ}}}$$

સીંગલ (એકવડી) શાફ્ટનું વજન : ત્રીન (બેવડી) શાફ્ટોનું

$$\text{કુલ વજન} :: D_1^2 : 2D_2^2$$

$$:: (1.882 D_2)^2 : 2D_2^2$$

$$:: 2.004 D_2^2 : 2D_2^2$$

$$:: 2.004 : 2$$

$$:: \underline{\underline{1.004 : 1}}$$

એટલે, એકવડી (સીંગલ) સ્ક્રુ-શાફ્ટનું વજન ૧.૦૪ છે, અને બેવડી (ત્રીન) સ્ક્રુ-શાફ્ટનું કુલ વજન ૧ છે.



## પોકળ અને નક્કર શાફ્ટનાં જોરની સરખામણી ૧૮૭

ઉપલાં પરિણામો જોતાં જણાશે કે બન્ને બાબતમાં શાફ્ટોનાં વજનો લગભગ સરખાં છે, પણ એકવડી (સીંગલ) સ્ક્રુ-શાફ્ટનો વ્યાસ એકવડી (ટ્વીન) સ્ક્રુ શાફ્ટોમાંની એક શાફ્ટના વ્યાસથી ૧ $\frac{૧}{૨}$  ગણો મોટો છે.

**દાખલો ૨૮.**—એ શાફ્ટો જેમાંની એક નક્કર છે જેને ધડતર લોદાંની બનાવેલી છે, અને બીજી પોકળ છે જેને સ્ટીલની બનાવેલી છે અને તેનો બહારનો વ્યાસ નક્કર શાફ્ટના વ્યાસ જેટલોજ છે અને અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનો અર્ધો છે તેનાં જોરો અને વજનોની સરખામણી કરો. સ્ટીલનું સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર ધડતર લોદાંનાં સલામતી સાથે લઈ શકાતાં જોરનું ૧ $\frac{૧}{૨}$  ગણું છે, તથા ધડતર લોદાં અને સ્ટીલની ડેન્સિટી ( ધટ્ટપાણું ) સરખાં છે એમ લેવાનું છે.

ધડતર લોદાંની નક્કર શાફ્ટનું જોર : સ્ટીલની પોકળ શાફ્ટનું જોર

$$:: ૧૯૬ D^3 f : ૧૯૬ \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) f$$

$$:: D^3 \times ૧ : \frac{D^4 - \left(\frac{D}{૨}\right)^4}{D} \times ૧\frac{૧}{૨}$$

$$:: D^3 : \left( \frac{D \times D^3}{D} - \frac{\frac{૧}{૨} D \times \frac{૧}{૨} D \times \frac{૧}{૨} D \times \frac{૧}{૨} D}{D} \right) \times \frac{૩}{૨}$$

$$:: D^3 : \left( D^3 - \frac{D^3}{૧૬} \right) \times \frac{૩}{૨}$$

$$:: D^3 : \frac{૧૫}{૧૬} D^3 \times \frac{૩}{૨}$$

$$:: D^3 : \frac{૪૫}{૩૨} D^3$$

$$:: ૩૨ : ૪૫$$

$$:: ૧ : ૧.૪$$

એટલે, સ્ટીલની પોકળ શાફ્ટનું જોર ધડતર લોદાંની નક્કર શાફ્ટનાં જોરનું ૧.૪ ગણું છે.

નક્કર શાફ્ટનું વજન : પોકળ શાફ્ટનું વજન ::  $D^2 : D^2 - d^2$

નક્કર શાફ્ટનું વજન : પોકળ શાફ્ટનું વજન ::  $D^2 : D^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2$

$$D^2 : D^2 - \frac{D^2}{4}$$

$$D^2 : \frac{3}{4} D^2$$

$$4 : 3$$

$$\underline{1.33 : 1}$$

એટલે નક્કર શાફ્ટનું વજન પોકળ શાફ્ટનાં વજનનું ૧.૩૩ ગણું છે.

**દાખલો ૩૦.**—એક વહાણ જેનું એન્જન દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે તેની પ્રોપેલર શાફ્ટનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે. શાફ્ટ ઉપર માત્ર અમળાઈ જવાનું જોર આવે છે અને શાફ્ટ ઉપરનું વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) ત્વસ્તીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટનું  $1\frac{3}{4}$  ગણું છે એમ માની લઈ શાફ્ટમાં ઉત્પન્ન થતું વધુમાં વધુ કપાઈ જવાનું જોર એટલે શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

$$\text{સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ} = T = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.}}{2 \pi N}$$

$$\therefore \text{વધુમાં વધુ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ} = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.}}{2 \pi N} \times 1\frac{3}{4}$$

જો  $f$  = શાફ્ટમાં ઉત્પન્ન થતું વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) શીઅરિંગ સ્ટ્રેસ દર ચો. ઇંચ દીઠ પૌંડમાં હોય,

ત્યારે, વધુમાં વધુ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ =  $1.125 D^3 f$

$$\therefore 1.125 D^3 f = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.}}{2 \pi N} \times \frac{4}{3}$$

$$\therefore f = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.} \times 4}{2 \pi N \times 4 \times 1.125 D^3}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{12 \times 33000 \times 10000 \times 4 \times 4}{2 \times 22 \times 60 \times 4 \times 1.125 \times 4 \times 4 \times 4} \\ &= \underline{13694.4 \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}} \end{aligned}$$

## પોકળ અને નક્કર શાફ્ટનાં જોરની સરખામણી ૧૮૯

**દાખલો ૩૧.**—એક નક્કર સ્ટીલની પ્રોપેલર શાફ્ટ ૬૨ મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૮૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો તે શાફ્ટ ઉપર આવતાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, આંચકા, વિગેરે ધ્યાનમાં લઈને અને વધુમાં વધુ ત્વીરતીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ ત્વીરતીંગ મોમેન્ટનાં ૧.૫ લઈ તે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો. જો નક્કર શાફ્ટને બદલે પોકળ શાફ્ટ બેસાડવી હોય અને તેનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનાં  $\frac{3}{4}$  જેટલો રાખવાનો હોય તો નક્કર શાફ્ટ જેટલુંજ જોર પોકળ શાફ્ટ ખમી શકે એમ તે પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ શોધો ?

નક્કર શાફ્ટ માટે—

$$\text{સરેરાશ } T = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.}}{2 \pi N}$$

$$\therefore \text{વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) } T = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.}}{2 \pi N} \times 1\frac{1}{2}$$

$$\text{પણ } T = 126 D^3 f \text{ છે.}$$

$$\therefore 126 D^3 f = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.} \times 3}{2 \pi N \times 2}$$

$$\therefore D^3 = \frac{12 \times 33000 \times 8000 \times 3 \times 9}{2 \times 22 \times 100 \times 2 \times 126 \times 12000}$$

$$= 3218.3$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{3218.3}$$

$$= 14.74 \text{ ઇંચ}$$

પ્રોપેલર શાફ્ટ ઉપર આવતા આંચકા અને બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, વિગેરે ધ્યાનમાં લેવાનાં છે, જે માટેના ગુણુકની કિંમત જુદી જુદી જાતની શાફ્ટ માટેના ગુણુક Cના કોષ્ટકમાં જોતાં જણાશે કે પ્રોપેલર શાફ્ટ માટે Cની કિંમત ૧.૧૩ છે.

$$D = C \times 14.74$$

$$= 1.13 \times 14.74$$

$$= \underline{16.66 \text{ ઇંચ}}$$

પોકળ શાફ્ટ માટે—

$$T = 0.165 \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) f$$

પણ, વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ)  $T = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.}}{2\pi N} \times 1\frac{1}{2}$ .

$$\therefore 0.165 \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) f = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.} \times 3}{2\pi N \times 2}$$

$$\therefore \frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{12 \times 33000 \times \text{H. P.} \times 3}{2\pi N \times 2 \times 0.165 f}$$

$$= \frac{12 \times 33000 \times 2000 \times 3 \times 9}{2 \times 22 \times 100 \times 2 \times 0.165 \times 12000}$$

$$= 3218.3$$

$$\therefore \frac{D^4 - \left(\frac{D}{2}\right)^4}{D} = 3218.3$$

$$\therefore \frac{D \times D^3 - \frac{1}{2} D \times \frac{1}{2} D \times \frac{1}{2} D \times \frac{1}{2} D}{D} = 3218.3$$

$$\therefore D^3 - \frac{D^3}{16} = 3218.3$$

$$\therefore \frac{15}{16} D^3 = 3218.3$$

$$\therefore D^3 = \frac{3218.3 \times 16}{15} = 3422.6$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{3422.6} = 15.09$$

પણ આંચકા અને બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, વિગેરે ધ્યાનમાં લેતાં—

$$D = C \times 15.09 = 1.13 \times 15.09 = 17.03 \text{ ઇંચ.}$$

**દાખલો ૩૨.**—એક શાફ્ટ જે દર મીનીટ ૧૩૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેનો વ્યાસ ૯ $\frac{1}{4}$  ઇંચ છે, તે જ્યારે વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) જેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦૦૦ પાંડ હોય ત્યારે તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો. આ શાફ્ટની

## કપ્લીંગના બોલ્ટ ઉપરનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ૧૯૧

ફ્લેન્ડ કપ્લીંગને ૨ $\frac{3}{4}$  ઇંચ વ્યાસના ૬ બોલ્ટ છે જેનાં મધ્યે ૧૪ $\frac{3}{4}$  ઇંચ વ્યાસનાં વર્તુલમાં આવેલાં છે, તો બોલ્ટો ઉપરનું સરેરાશ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

$$0.166 D^3 f = \frac{12 \times 33000 \times \text{H.P.}}{2\pi N}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{H.P.} &= \frac{0.166 D^3 f \times 2\pi N}{12 \times 33000} \\ &= \frac{0.166 \times 39 \times 39 \times 39 \times 6000 \times 2 \times 22 \times 130}{8 \times 8 \times 8 \times 9 \times 12 \times 33000} \\ &= \underline{2220.6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{એક બોલ્ટનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ} &= \frac{11}{8} \times \frac{11}{8} \times \frac{22}{2} \\ &= \frac{1331}{224} \text{ ચોરસ ઇંચ.} \end{aligned}$$

$$P \times R = \frac{12 \times 33000 \times \text{H.P.}}{2\pi N}$$

$$\begin{aligned} \therefore P &= \frac{12 \times 33000 \times \text{H.P.}}{2\pi N \times R} \\ &= \frac{12 \times 33000 \times 2220.6 \times 9 \times 1 \times 2}{2 \times 22 \times 130 \times 113} \end{aligned}$$

$$\text{સાધળા બોલ્ટ ઉપર આવતું જોર} = P = \frac{240368920}{18466} \text{ પાંડ}$$

$$\therefore \text{એક બોલ્ટ ઉપર આવતું જોર} = \frac{240368920}{18466 \times 6} \text{ પાંડ}$$

$\therefore$  બોલ્ટનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ ઉપર આવતું

$$\begin{aligned} \text{શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ} &= \frac{240368920 \times 228}{18466 \times 6 \times 1331} \\ &= \underline{4488.6 \text{ પાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}} \end{aligned}$$

**કારખાનામાં જુદાં જુદાં કામો માટે વપરાતી શાફ્ટીંગ્સ:—**

**હેડ શાફ્ટ ( Head Shaft ).**—એન્જીન અથવા મોટર ઉપરથી બળ અને ગતિ મેળવતી પુક્તીને જે શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલી હોય છે તે શાફ્ટને “ હેડ શાફ્ટ ” અથવા “ સેકન્ડ મોશન શાફ્ટ ” કહેવામાં આવે છે.

**લાઈન શાફ્ટ ( Line Shaft ).**—જે શાફ્ટ ઉપરથી તેની લંબાઈ એથી આંતરે આંતરે મશીનોને ચલાવવા માટે બળ લેવામાં આવે છે, જેવી કે, મશીન શોપ, એન્જીનીયરીંગ વર્ક્સ, સુતર અને કાપડની મીલો, વિગેરેમાં વપરાય છે તેને “ લાઈન શાફ્ટ ” કહેવામાં આવે છે.

**ટ્રાન્સમીશન શાફ્ટ ( Transmission Shaft ).**—જે શાફ્ટ માત્ર બળ લઈ જવા માટેજ વપરાય છે, અને જે ઉપર કશું પણ વળી જવાનું જોર (ત્રેન્સવર્સ સ્પ્રેન) આવતું નથી તે શાફ્ટને “ ટ્રાન્સમીશન શાફ્ટ ” કહેવામાં આવે છે.

સારી જાતની માઇટલ સ્ટીલ (નરમ પોલાદ)ની શાફ્ટ જેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે તે શોધવા માટેના નિયમ નીચે પ્રમાણે છે:—

**હેડ શાફ્ટ માટે—**

શાફ્ટના વ્યાસનાં ધનને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને નિયંત સંખ્યા ૧૦૦ વડે ભાગવા.

**લાઈન શાફ્ટ માટે—**

શાફ્ટના વ્યાસનાં ધનને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને નિયંત સંખ્યા ૬૨૬ વડે ભાગવા.

**ટ્રાન્સમીશન શાફ્ટ માટે—**

શાફ્ટના વ્યાસનાં ધનને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને નિયંત સંખ્યા ૫૦ વડે ભાગવા.

શાફ્ટીંગ વડે સંચારણ કરી શકાતા હોર્સપાવર ૧૯૩

દર મીનીટ એક આંટાની ઝડપે ફરી માઇલ્સ સ્ટીલની શાફ્ટીંગ જે હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે તેના કોઠા:—

શાફ્ટનો વ્યાસ ઇંચમાં	હેડ શાફ્ટ માટે-દર આંટા દીઠ હોર્સપાવર	લાઇન શાફ્ટ માટે- દર આંટા દીઠ હોર્સપાવર	ટ્રાન્સમીશન શાફ્ટ માટે- દર આંટા દીઠ હોર્સપાવર
૧	૦.૩૩	૦.૦૫	૦.૦૬૭
૧.૨	૦.૦૫૩	૦.૦૮૩	૦.૧૦૭
૨	૦.૦૮	૦.૧૨	૦.૧૬
૨.૨	૦.૧૧૩	૦.૧૭	૦.૨૨૭
૨.૪	૦.૧૫૬	૦.૨૩૪	૦.૩૧૨
૨.૬	૦.૨૦૭	૦.૩૧૧	૦.૪૧૫
૩	૦.૨૭	૦.૪૦૫	૦.૫૪
૩.૨	૦.૩૪૩	૦.૫૧૪	૦.૬૮૬
૩.૪	૦.૪૨૮	૦.૬૪૩	૦.૮૫૭
૩.૬	૦.૫૨૭	૦.૭૯૧	૧.૦૫૪
૪	૦.૬૪	૦.૯૬	૧.૨૮
૪.૨	૦.૭૬૭	૧.૧૫૧	૧.૫૩૫
૪.૪	૦.૯૧૧	૧.૩૬૬	૧.૮૨૨
૪.૬	૧.૦૭૧	૧.૬૦૭	૨.૧૪૩
૫	૧.૨૫	૧.૮૭૫	૨.૫
૫.૨	૧.૬૬૩	૨.૪૯૫	૩.૩૨૭
૬	૨.૧	૩.૨૪	૪.૩૨
૬.૨	૨.૭૪૬	૪.૧૧૯	૫.૪૯૨
૭	૩.૪૩	૫.૧૪૫	૬.૮૬
૭.૨	૪.૨૧૮	૬.૩૨૮	૮.૪૩૭
૮	૫.૧૨	૭.૬૮	૧૦.૨૪
૮.૨	૬.૧૪૧	૯.૨૧૧	૧૨.૨૮૨
૯	૭.૨૯	૧૦.૯૩૫	૧૪.૫૮
૯.૨	૮.૫૭૩	૧૨.૮૬	૧૭.૧૪૭
૧૦	૧૦.૦	૧૫.૦	૨૦.૦
૧૦.૨	૧૧.૬૫૫	૧૭.૪૮૨	૨૩.૩૧
૧૧	૧૩.૩૧	૧૯.૯૬૫	૨૬.૬૨
૧૨	૧૭.૨૮	૨૫.૯૨	૩૪.૫૬

## એકસર્સાઈઝ ૬૬.

૧. એક નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ૭ ફુટ અને લંબાઈ ૨૮ ફુટ છે, અને તેમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પાઉં છે. શેલ પ્લેટની જાડાઈ કેટલું ઇંચ છે, તો પ્લેટના પરિધની દિશાનાં છેદયિત્ર ઉપર અને લંબાઈની દિશાનાં છેદયિત્ર ઉપર આવતાં સ્ત્રેસ શોધો.

૨.  $\frac{૩}{૪}$  ઇંચ વ્યાસના સ્ટીલના પંચને કેટલું ઇંચ જાડી પ્લેટમાં વેદ પાડવા માટે વાપરવામાં આવ્યો છે. જ્યારે પ્લેટની ધાતુનું શીઅરિંગ સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૫ ટન હોય ત્યારે પંચને દબાવી પ્લેટમાં ચલાવવા માટે એજામાં એજાં કેટલાં દબાણની જરૂર પડશે તે શોધો. વળી પંચ ઉપર કેટલું સ્ત્રેસ આવશે તે શોધો.

૩. એક ડબલ રીવેટ્ડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{૫}{૮}$  ઇંચ છે, તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરો અને રીવેટનો પીચ શોધો. શીઅરિંગ સ્ત્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ત્રેસનાં ૦.૮ છે.

૪. બેવડી ક્વર પ્લેટ સાથના ડબલ રીવેટ્ડ બટ જોઇન્ટ વડે  $\frac{૧૧}{૧૬}$  ઇંચ જાડી બે સ્ટીલની પ્લેટને જોડવાની છે; તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરો અને રીવેટનો પીચ શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે અને રીવેટનું શીઅરિંગ સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

૫. એક સીંગલ રીવેટ્ડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{૧૧}{૧૬}$  ઇંચ છે અને રીવેટનો વ્યાસ  $\frac{૭}{૮}$  ઇંચ છે, તો રીવેટનો પીચ શોધો, અને આ સાંધાની એશીશીઅન્સી ટકામાં નક્કી કરો. રીવેટનું શીઅરિંગ સ્ત્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ત્રેસનાં ૦.૭૫ છે.

૬. એક ડબલ રીવેટ્ડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ  $\frac{૧૧}{૧૬}$  ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, અને પીચ  $૩\frac{૧}{૪}$  ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એશીશીઅન્સી ટકામાં શોધો; અને જ્યારે આ સાંધો પ્લેટનાં ચીરાઈ



જવાથી તૂટી જાય ત્યારે રીવેટો ઉપરનું કશીંગ એસ (રીવેટને ક્યટી નાંખનારે જોર.) શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ એસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન અને રીવેટનું શીઅરીંગ એસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

૭. એક ત્રેઅલ રીવેટો લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જગાઈ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ છે અને રીવેટનો વ્યાસ  $1\frac{1}{4}$  ઇંચ છે, તો રીવેટનો પીચ અને સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી શોધો. વળી જ્યારે આ સાંધો પ્લેટનાં ચીરાઈ જવાથી તૂટી જાય ત્યારે રીવેટો ઉપર આવતું કશીંગ એસ શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ એસ અને રીવેટનું શીઅરીંગ એસ અનુક્રમે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન અને ૨૩ ટન છે.

૮. એક ડબલ રીવેટો સીંગલ ક્વર સાથના બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જગાઈ  $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ છે, અને પીચ  $2\frac{1}{2}$  ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી શોધો.  $f_t = 28$  ટન અને  $f_s = 23$  ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ છે.

૯. એક ડબલ રીવેટો ડબલ ક્વર પ્લેટ સાથના બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જગાઈ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ  $1\frac{1}{4}$  ઇંચ છે, તો પીચ અને સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી શોધો.  $f_s = .8 f_t$  છે.

૧૦. બોર્ડ બ્રાફ ટ્રેડના નિયમ પ્રમાણે તૈયાર કરેલાં એક બોયલરમાંના ડબલ રીવેટો ડબલ પ્લેટ સાથના બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જગાઈ ૧ ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ  $1\frac{1}{4}$  ઇંચ છે, અને પીચ ૫ ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એપ્રીશીઅન્સી બોર્ડ બ્રાફ ટ્રેડના નિયમ પ્રમાણે શોધો.  $f_s = .65 f_t$  છે.

૧૧. એક ઓપન લોક (ખુલ્લી કડીવાળી) સાંકળને  $\frac{3}{4}$  ઇંચ વ્યાસના નરમ પોલાદના ગોળ સળીયામાંથી બનાવેલી છે, તો તે સાંકળ ઉપર સલામતી સાથે કેટલું વજન લટકાવી શકાય તે શોધો, અને તે સાંકળનું દર ફુટ લંબાઈ દીઠ વજન શોધો.

૧૨. સારાં ઘડતર લોઢાંની બે શાફ્ટ જેના વ્યાસો ૨ ઇંચ અને ૪ ઇંચ છે તેમનાં સંબંધી વજનો અને અમળાઈ જવાની સામે થતાં બેરો શોધો. બે એક ધન ઇંચ ઘડતર લોઢાંનું વજન ૨૮ પૌંડ હોય તો દરેક શાફ્ટનું તેની એક યુટ અંબાઈ દીઠ વજન શોધો.

૧૩. ૧ $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ, ૨ $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ, અને ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ લાગુ પાડી શકાય ?

૧૪. બે ૩ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૨૧૬૦૦ યુટ-પૌંડનાં રથ્યરીંગ (તોડી નાંખનારાં) ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી શકે છે, તો ૧ ઇંચ, ૨ ઇંચ અને ૪ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલાં ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી શકશે તે શોધો.

૧૫. બે ઘડતર લોઢાંની એક ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧૨ ઇંચનાં લીવરને છેડે લાગુ પાડેલાં ૮૦૦ પૌંડનાં અમળાવી નાંખનારાં બેર વડે તૂટી જાય છે, તો તેજ ધાતુની ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧૮ ઇંચનાં લીવરને છેડે લાગુ પાડેલાં કેટલાં બેર વડે તૂટી જશે ?

૧૬. એક શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલાં ૩ યુટ વ્યાસનાં ઢાંતાનાં ચક્કરની પાંચ લાઈન ઉપર ૯૦૦ પૌંડનું ચલાવનારું બેર પડે છે, તો ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ ઇંચ-પૌંડમાં શોધો. વળી જ્યારે બહીલ દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે એક મીનીટમાં મળી શકતું કામ શોધો.

૧૭. ધારો કે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૨૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનું તોર્ક એટલે ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો ૨ $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલું તોર્ક (અમળાવી નાંખનારું મોમેન્ટ) સલામતી સાથે ખમી શકશે ? વળી બે છેલ્લી શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તે શાફ્ટ સલામતી સાથે કેટલા હોર્સપાવર લઈ જઈ શકશે ?

૧૮. ૩ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ઉપર ૪૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સળંગ કરેલી છે, તો તે પુલીની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું બેર લાગુ પાડી શકાશે ?

૧૯. એક શાક્ટ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે છે, તો તેજ શાક્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ અને ૨૦૦ આંટા ફરી કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે ?

૨૦. એક શાક્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ફરી ૪૦ હોર્સપાવર બીજી શાક્ટ ઉપર મોકલી શકે છે, તો ૬૦ હોર્સપાવર મોકલવા માટે તે શાક્ટને દર મીનીટે કેટલા આંટાની ઝડપે ફેરવવી જોઈશે ?

૨૧. જો ૧૩૬ ઇંચ વ્યાસની શાક્ટ દર મીનીટે ૧૪૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૨ હોર્સપાવર બીજી શાક્ટને આપી શકે છે, તો ૩૬૬ ઇંચ વ્યાસની શાક્ટ દર મીનીટે ૨૧૦ આંટાની ઝડપે ફરી કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ?

૨૨. જો ૪ ઇંચ વ્યાસની શાક્ટ ૧૨૦૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનું તોર્ક અથવા ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો ૯ ઇંચ વ્યાસની શાક્ટ કેટલું તોર્ક ખમી શકશે ? જો પહેલી શાક્ટ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફેરે તો તે કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ? જો બીજી શાક્ટ દર મીનીટે ૫૦ આંટાની ઝડપે ફેરે તો તે કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ?

૨૩. ૨ ઇંચ વ્યાસની એક શાક્ટ ૧૬ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે છે, તો આ શાક્ટ દર મીનીટે જેટલા આંટાની ઝડપે ફેરે છે તેનાથી અડધી ઝડપે ૩૬૬ ઇંચ વ્યાસની શાક્ટ ફરી કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે, અને આગલી ઝડપથી ત્રણગણી ઝડપે ફરી કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે ?

૨૪. દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરતાં ૩ ફુટ વ્યાસનાં એક બ્લીક વડે ચલાવવામાં આવતી ૨૬૬ ઇંચ વ્યાસની ઘડતર લોડાંની શાક્ટ વડે કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે ? શાક્ટ ઉપર સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર તોડી નાખનારાં જોરનું ક્ષેત્ર છે.

૨૫. એક શાક્ટ જ્યારે દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફેરે છે ત્યારે તે ઉપર ૧૬૦૦૦ ઇંચ-પૌંડનું ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ આવે છે, તો તે શાક્ટ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો ?

૨૬. એક શાફ્ટ ઉપર ૨૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જત કરી તેની રીમ ઉપર ૫૦૦૦ પૌંડનું દબાણ અથવા જોર લાગુ પાડવાનું છે. જો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬૦ લેવાનો હોય, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ તે શોધો ?

૨૭. બે શાફ્ટો જોમાંની એક નક્કર અને બીજી પોક્ષણ છે તેનાં અમળાઈ જવાની સામે ટકી રહેવાનાં જોર અને વજનની સરખામણી કરો. નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે અને પોક્ષણ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ ૮ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે.

૨૮. ૨૪૦૦૦ ઇંચ-પૌંડનાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સામે ટકી રહેવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ? શાફ્ટનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું શીઅરીંગ એસ ૧૨૦૦૦ પૌંડ છે.

૨૯. એક ઘડતર લોદાંની શાફ્ટ ઉપર ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જત કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૬ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૩૦. એક ઘડતર લોદાંની પોક્ષણ શાફ્ટ ઉપર ૩ ફુટ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જત કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૮ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે આ પોક્ષણ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ? શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનો અડધો છે.

૩૧. એક ત્રીન રજુ સ્ટીમર (બે પ્રોપેલરવાળી સ્ટીમર)ને ચલાવવા માટે રજુ એટલે પ્રોપેલરને તે સ્ટીમરનો ૪૪૮૦૦ પૌંડનો અવરોધ દુર કરવો પડે છે. સ્ટીમરની ઝડપ દર કલાકે ૨૦ નોટની છે. જો ત્રીન રજુ શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરતી હોય તો દરેક રજુ શાફ્ટ ઉપર આવતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ એટલે તેક ઇંચ-ટનમાં શોધો.

૩૨. એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટને દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૩૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરવાનું છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૩૩. એક શાફ્ટ ૨૦ ટન-ઇંચનાં ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટને આધિન છે અને તે દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો.

૩૪. જો ૧૨ ઇંચ લાંબાં લીવરને છેડે ૮૦૦ પાઉનું એસ ૧ ચોરસ ઇંચ છેદચિત્રના ઘડતર લોઢાંના સળીયાને સલામતી સાથે લાગુ પાડી શકાય, તો દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલીની રીમ ઉપર ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલું જોર (effort) આપી શકશે ? વળી આ શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો.

૩૫. એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૪૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તે ઉપર આવતું ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક શોધો.

૩૬. એક કેનનાં બેરલનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ છે, અને તે ઉપર લપેટવામાં આવતાં તારનાં દોરડાં (વાયર રોપ) ઉપર ૩ ટનનું ખેંચાણ આવે છે. તારનાં દોરડાંનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, તો જે શાફ્ટ ઉપર બેરલ સનજડ કરેલું છે તે શાફ્ટનો વ્યાસ શોધો. સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર તોડી નાંખનારાં જોરનાં  $\frac{1}{8}$  છે.

૩૭. એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ તે શોધો.

૩૮. જો  $1\frac{1}{2}$  ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૩૯. એક મરીન એન્જીનની સ્કુ-શાફ્ટનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, અને તે દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. આ સીંગલ સ્કુ-શાફ્ટને બદલે ત્રીન સ્કુ-શાફ્ટ ગોઠવવામાં આવી, જે દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો બન્ને બાબતમાં ઉત્પન્ન થતા હોર્સપાવર સરખા હોય, અને કાર્ય કરતાં એસ પણુ સરખાં હોય, તો ત્રીન સ્કુ-શાફ્ટમાંની દરેક શાફ્ટનો જોઈતો વ્યાસ શોધો, અને તેમનાં વજનો સરખાવો.

૪૦. ધારો કે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧૬૦૦ પાંડ-ઇંચનાં ટર્નીંગ મોમેન્ટની સામે સલામતી સાથે ટકી શકે છે, તો તેજ ધાતુની ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલાં ટર્નીંગ મોમેન્ટની સામે સલામતી સાથે ટકી શકશે ? જો આ ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરતી હોય અને સલામતી સાથે લઈ શકાતું શીઅરીંગ એસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૬ ટન હોય તો આ શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવર લઈ જઈ શકશે ?

૪૧. બે શાફ્ટો જેમાંની એક નક્કર છે જેને ઘડતર લોદાંની બનાવેલી છે અને બીજી પોક્ષણ છે જેને સ્ટીલની બનાવેલી છે અને તેનો બહારનો વ્યાસ નક્કર શાફ્ટના જેટલોજ છે અને અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસના ૩ જેટલો છે તેનાં જેરો અને વજનોની સરખામણી કરો. સ્ટીલનું સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર ઘડતર લોદાંનાં સલામતી સાથે લઈ શકાતાં જોરનું ૧/૬ ગણું છે, તથા ઘડતર લોદાં અને સ્ટીલની ટર્ન્સીટી ( ઘટપણું ) સરખાં છે એમ લેવાનું છે.

૪૨. એક સ્ટીમર જેનાં એન્જીન દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે તેની પ્રોપેલર શાફ્ટનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે. શાફ્ટ ઉપર માત્ર અમળાઈ જવાનું જોર આવે છે અને શાફ્ટ ઉપરનું વધુમાં વધુ ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટનું ૧/૬ ગણું છે એમ માની લઈ શાફ્ટમાં ઉત્પન્ન થતું વધુમાં વધુ શીઅરીંગ એસ શોધો.

૪૩. એક નક્કર સ્ટીલની પ્રોપેલર શાફ્ટ દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૨૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો તે શાફ્ટ ઉપર આવતું એન્ડીંગ મોમેન્ટ, આંચકા, વિગેરે ધ્યાનમાં લઈને તે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો. જો નક્કર શાફ્ટને બદલે પોક્કળ શાફ્ટ એસાડવી હોય અને તેનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસના  $\frac{2}{3}$  જેટલો રાખવાનો હોય તો નક્કર શાફ્ટ જેટલું જ જોર પોક્કળ શાફ્ટ ખમી શકે એમ તે શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ શોધો. શાફ્ટનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શીઅરીંગ સ્પ્રેસ  $f=13400$  પાંડ લેવાનું છે.

૪૪. ૫ હોર્સપાવરનાં ડીલેવલ ટર્બાઈનની ટર્બાઈન-શાફ્ટનો વ્યાસ ૨.૦૩ ઇંચ છે અને તેની ઝડપ દર મીનીટે ૩૦૦૦૦ આંટા છે, તો આ શાફ્ટ જ્યારે ૫ હોર્સપાવર આપે ત્યારે તે ઉપર આવતું વધુમાં વધુ સ્પ્રેસ કેટલું હશે ?

૪૫. એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૦૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે. સૌથી વધુમાં વધુ તોર્ક સરેરાશ તોંકિનું ૧૦૪ ગાળું છે, અને વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્પ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮૫૦૦ પાંડ છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો.

૪૬. એક શાફ્ટ જે દર મીનીટે ૧૩૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, તો જ્યારે વધુમાં વધુ સ્પ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦૦૦ પાંડ હોય ત્યારે તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો. આ શાફ્ટની ડ્રેલેન્ડ કપ્લીંગને ૨૬ ઇંચ વ્યાસના ૮ બોલ્ટ છે જેનાં મધ્યા ૨૭ ઇંચ વ્યાસનાં વર્તુલમાં આવેલાં છે, તો આ બોલ્ટ ઉપરનું સરેરાશ શીઅરીંગ સ્પ્રેસ શોધો.

૪૭. એક ખીડની ડ્રેલેન્ડ કપ્લીંગને ૧૬ ઇંચ વ્યાસના ૬ બોલ્ટ છે. દરેક બોલ્ટની મધ્યરેખા શાફ્ટની મધ્યરેખાથી ૭૬ ઇંચ દુર છે. શાફ્ટનો વ્યાસ ૫૬ છે. જો ત્રીસ્તીંગ મોમેન્ટને લીધે શાફ્ટ ઉપરનું વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્પ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦૦ પાંડ હોય તો બોલ્ટ ઉપરનું સરેરાશ શીઅરીંગ સ્પ્રેસ કેટલું હશે ?

૪૮. જો ૨ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ૧૫૦૦૦ ઇંચ-પૌંડનું તોર્ક સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ ધાતુની પડે ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ તેટલાજ ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી સાથે કેટલું તોર્ક ખમી શકશે ? દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરી પહેલી શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે, અને બીજી શાફ્ટ ૬૦૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરવા માટે દર મીનીટે કેટલી ઝડપે ફરવી જોઈશે ?

૪૯. એક પોક્ષણ શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે તે દર મીનીટે ૯૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વધુમાં વધુ સ્પેસ ૧૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો ?

૫૦. એક પોક્ષણ સ્ટીલની શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ D છે અને અંદરનો વ્યાસ  $\frac{3}{4}D$  છે તે માત્ર અમળાઈ જવાનેજ આધિન છે, અને દર મીનીટે ૧૧૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૮૦૦૦ હોર્સપાવર લઈ જાય છે, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્પેસ ૯૦૦૦૦ પૌંડ લઈ D શોધો.

૫૧. એક નક્કર ઘડતર લોહાંતી શાફ્ટને અદલે મુકવા માટે તેજ વ્યાસની પોક્ષણ સ્ટીલની શાફ્ટ બનાવવામાં આવી છે. ઘડતર લોહાં કરતાં સ્ટીલની શાફ્ટ ૩૫ ટકા જેટલી વધારે મજબૂત છે, તો પોક્ષણ શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનો કેટલો અપ્રાકૃતિ હોવો જોઈએ ? કપ્લીંગ પ્લાનમાં ન લેતાં જે ઘડતર લોહાં કરતાં સ્ટીલ ૨ ટકા જેટલું ભારે હોય, તો નક્કર શાફ્ટને અદલે પોક્ષણ શાફ્ટ મુકવાથી વળતરનો કેટલા ટકા અચાવ થશે તે શોધો.

૫૨. એક નક્કર શાફ્ટ જેનું જેટર એકજ સરખાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સાથે તેજ ધાતુની બનાવેલી એક પોક્ષણ શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ ૯ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે તેનાં જેટલુંજ છે, તો નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ શોધો. વળી જો તે શાફ્ટમાંનાં વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્પેસનું પ્રમાણ શોધો.



૫૩. માર્હલ સ્ટીલની એક શાફ્ટનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦૦ પૌંડનું શીઅરીંગ સ્પ્રેસ સલામતી સાથે લેવા દેવામાં આવે તો તે શાફ્ટ ઉપર કેટલું તોર્ક લાગુ પાડી શકાય ?

૫૪. દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮૦૦૦ પૌંડનાં શીઅર સ્પ્રેસ સાથે ૧૨૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનું તોર્ક ખમી શકવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો.

૫૫. એક પોક્ષળ શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે તે ઉપર કેટલું તોર્ક લાગુ પાડી શકાશે ? સલામતી સાથે લઈ શકાતું શીઅર સ્પ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦૫ ટન છે.

૫૬. એક નક્કર શાફ્ટનું વજન અને લંબાઈ દાખલા ૫૫માં આપેલી શાફ્ટનાં જેટલુંજ છે અને તેને સરખી ગતની ધાતુની બનાવેલી છે, તો તે નક્કર શાફ્ટ ઉપર સલામતી સાથે લાગુ પાડી શકાતું તોર્ક નક્કી કરો, અને પોક્ષળ તથા નક્કર શાફ્ટ માટેનાં તોર્કનું પ્રમાણ આપો.

૫૭. એક નળીનો બહારનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે અને તેની ધાતુની ગુણધર્મ ૧૨૫ ઇંચ છે. જે શીઅરીંગ સ્પ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦૦ પૌંડથી વધુ લેવા દેવામાં ન આવે તો તે નળી ઉપર કેટલું તોર્ક લાગુ પાડી શકાશે ?

૫૮. એક સ્ટીલનાં નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ૬ ફુટ અને લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે. આ બોયલરમાં શેલ પ્લેટની ગુણધર્મ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ છે, અને સાંધાની એપ્રોશીઅન્સી ૮૦ ટકા છે. જો સ્ટીલની પ્લેટનું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેંથ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન હોય અને ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ લેવાનો હોય, તો તે બોયલરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સલામતી સાથે કાર્ય કરતું કેટલું દબાણ લઈ શકાશે ?

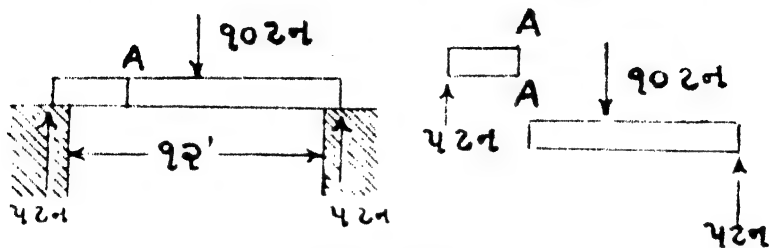
## પ્રકરણ ૭મું.

### બીમ્સ ( Beams )

બીમ ઉપરનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ( વલનમાન ) અને શીઅરીંગ ફોર્સ (લંઘન જોર.)—બીમ કોર્પસલ સ્વચ્ચર (રચના)નો ભાગ છે જેને તેની લંબાઈને આડે ( ટ્રેન્સવર્સલી ) લાગુ પાડેલા લોડ ટેકવવા માટે ઘણું કરીને આડી (હોરીઝોન્ટલ) દિશામાં ટેકવવામાં આવે છે. “બીમ” અથવા “જોઈસ્ટ” ( Joist ) સંજ્ઞા ઘણું કરીને મધ્ય કક્ષાનાં અને પદાર્થના એકજ દુકાનનાં બનાવેલાં સ્વચ્ચરને લાગુ પડે છે, જેવાં કે, મકાન, વિગેરેના માળો ટેકવવા માટે વપરાતાં લાકડાંનાં (ટીમ્બર) બીમ અથવા જોઈસ્ટ, અથવા વારંવાર વપરાતા રોલ્ડ સ્ટીલ બીમ. વધારે મોટા કદના અને જુદા જુદા ભાગોને અંકુશની સાથે જોડીને બનાવેલા બીમ જે વારંવાર પુરો બાંધવામાં વપરાય છે તેને “ગર્ડર” (Girdler) કહેવામાં આવે છે. બીમ ઉપર જે સ્ત્રેસ આવે છે તે શીઅરીંગ ( કાપીને તોડી નાંખનારાં ) અને બેન્ડીંગ (વાળી નાંખનારાં) સ્ત્રેસ હોય છે. આ સ્ત્રેસીસ બીમની લંબાઈને કાટખૂણે બીમ ઉપર દ્રવ્ય કરતાં જોરો (Forces)ને લીધે હોય છે અને તેટલા માટે તેમને “ટ્રેન્સવર્સ સ્ત્રેસીસ” કહેવામાં આવે છે.

બીમનાં કોર્પસલ છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ B. M.ને તે છેદચિત્રનાં જમણા અથવા ડાયા હાથ ઉપરનાં તે બીમના ભાગને

ફેરવવાનું વલણ કરતાં લાગુ પાડેલાં જોરોનાં તે છેદચિત્રની આસપાસનાં મોમેન્ટ વડે માપવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે, આકૃતિ ૩૪માં બતાવેલા એક બીમને ૧૨ ફુટને અંતરે આવેલા ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો



આકૃતિ ૩૪.

છે અને આ ૧૨ ફુટનાં સ્પેન (span)નાં મધ્યમાં તે બીમ ઉપર ૧૦ ટનનું વજન લાગુ પાડેલું છે, ત્યારે તે બીમનાં મધ્યનાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ B.M.ને તે છેદચિત્રનાં જમણા હાથ ઉપર અથવા ડાબા હાથ ઉપર કાર્ય કરતાં જોરોને લક્ષમાં લઈને શોધી શકાયો. જે આપણે બીમનું વજન (જે સમાન છેદચિત્રવાળા બીમમાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે) ધ્યાનમાં ન લઈએ તો ગમે તે એક બાજુ ઉપર ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર માત્ર એકજ છે, અને મધ્યનાં છેદચિત્રની આસપાસનું તેનું મોમેન્ટ  $= ૫ \times ૬ = ૩૦$  ટન-ફુટ છે. તેટલા માટે મધ્યનાં છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (B.M.)  $૩૦$  ટન-ફુટ (અથવા ફુટ-ટન) છે. ડાબા હાથના ટેકાથી ૩ ફુટ દુર આવેલાં A આગળનાં છેદચિત્ર આસપાસનું મોમેન્ટ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાયો— જે આપણે બીમનો ડાબા હાથ તરફનો ભાગ લક્ષમાં લઈએ તો તે બાજુ ઉપર ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું ૫ ટનનું માત્ર એકજ જોર છે, અને A આસપાસનું તેનું મોમેન્ટ  $= ૫ \times ૩ = ૧૫$  ટન-ફુટ છે. જે આપણે જમણા હાથ તરફનો ભાગ લક્ષમાં લઈએ તો તે બાજુ ઉપર બે જોરો કાર્ય કરે છે જેમાંનું એક ૫ ટનનું ઉપલી દિશામાં અને બીજું ૧૦ ટનનું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે. A આસપાસનાં તેમનાં

મોમેન્ટ એક ખીખથી વિરુદ્ધ છે, ત્યારે  $A$  આસપાસનું કુલ મોમેન્ટ  
 $= (૫ \times ૯) - (૧૦ \times ૩) = ૪૫ - ૩૦ = ૧૫$  ટન-ફુટ છે, જે આગળ  
 નક્કી કર્યા જેટલું જ છે. તેટલા માટે  $A$  આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  
 (B. M.)  $૧૫$  ટન-ફુટ છે.

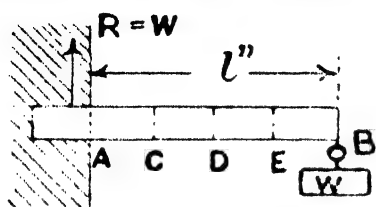
તેટલા માટે ક્રાઈપણ આપેલા દાખલામાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ નીચે  
 પ્રમાણે શોધવું:—પહેલાં, આપેલા લોડ અને માપો ઉપરથી ટેકાઓ  
 ઉપરનાં પ્રતિકાર્ય (reactions) નક્કી કરવાં; ત્યારપછી ક્રાઈપણ છેદચિત્ર  
 આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધવા માટે ખીમનાં ગમે તો જમણી  
 તરફના અથવા તો ડાબી તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં જોરોનાં  
 તે છેદચિત્ર આસપાસનાં મોમેન્ટનો ખીજ ગણિતને લગતો (એલછબ્રેક)  
 સરવાળો નક્કી કરવો, જે સરવાળો તે છેદચિત્ર (સંકેશન) આગળનું  
 બેન્ડીંગ મોમેન્ટ છે. હુંકમાં કહીએ તો ખીમનાં ક્રાઈપણ છેદચિત્ર  
 આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (B. M.) તે છેદચિત્રની ક્રાઈ પાણુ એક  
 બાજુએ કાર્ય કરતાં સઘળાં બહારનાં જોરોનાં મોમેન્ટનો ખીજ ગણિતને  
 લગતો (એલછબ્રેક) સરવાળો છે.

ખીમનાં ક્રાઈ પાણુ છેદચિત્ર આગળનો કુલ શીઅરીંગ ફોર્સ  
 (બંજન જોર) ખીમનાં ગમે તો જમણી તરફના અથવા તો ડાબી  
 તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં લાગુ પાડેલાં જોર (ફોર્સીસ)નાં  
 ખીજગણિતને લગતો (એલછબ્રેક) સરવાળો છે. હુંકમાં કહીએ તો  
 શીઅરીંગ ફોર્સ ખીમનાં છેદચિત્રની ક્રાઈપણુ એક બાજુ ઉપર કાર્ય  
 કરતાં સઘળાં જોરોનો ખીજગણિતને લગતો (એલછબ્રેક) સરવાળો છે.

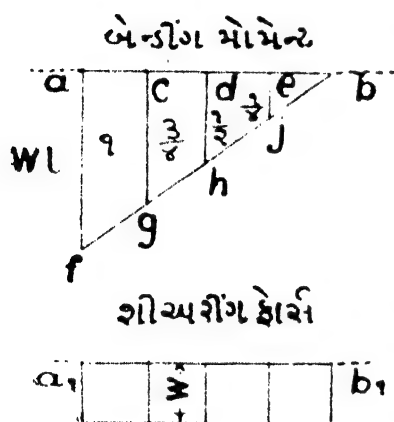
એક છેડે સત્તજડ કરેલા અને વજન અથવા લોડ ટેકવવા માટે  
 કાટખૂણે બહાર નીકળી આવેલા ખીમને “કેન્ટીલીવર” (cantilever)  
 કહેવામાં આવે છે.

**ખીમના સાદા દાખલાઓમાંનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  
 (વલનમાન):—**

૧. છેડા ઉપર લાઘેલા લોડ સાથના કેન્ડીલીવર.—  
આકૃતિ ૩૫માં A B ખીમ છે જેને A આગળ સળંગ કરેલો છે,



W લોડ છે જે પાંડમાં છે અને જેને છુટા છેડા B આગળ ટેકવેલો છે. A ની તરતજ નજદીકથી ખીમ તૂટી જશે. A ની આગળ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ સૌથી વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) છે, અને તે  $Wl$  ઇંચ-પાંડ અથવા પાંડ-ઇંચ છે; છેદચિત્ર C આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= W \times \frac{3}{4}l = \frac{3}{4}Wl$  ઇંચ-પાંડ; છેદચિત્ર D આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= W \times \frac{1}{2}l = \frac{1}{2}Wl$  ઇંચ-પાંડ; અને છેદચિત્ર E આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= W \times \frac{1}{4}l = \frac{1}{4}Wl$  ઇંચ-પાંડ છે; અને B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= W \times 0 = 0$  છે.



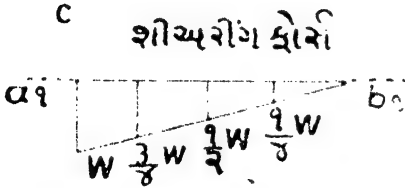
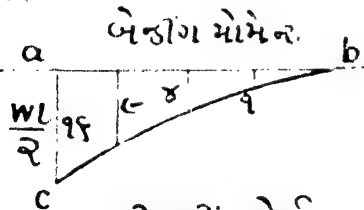
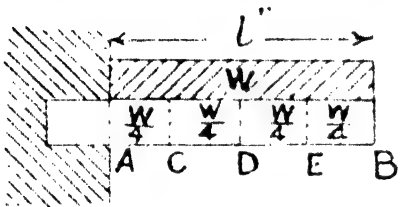
આકૃતિ ૩૫

તેટલા માટે જુદાં જુદાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટને પાયાની લીટી  $\alpha b$  ઉપર તેની નીચલી બાજુએ દોરેલી ઉભી લીટીઓ (ઓર્ડીનેટસ ordinates) વડે નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય. A આગળ B. M.  $= Wl \times 1$ , C આગળ B. M.  $= Wl \times \frac{3}{4}$ , D આગળ B. M.  $= Wl \times \frac{1}{2}$ , E આગળ B. M.  $= Wl \times \frac{1}{4}$ , અને B આગળ B. M.  $= 0$  છે. આ ઉભી લીટીઓ બેન્ડીંગ મોમેન્ટના ડાયગ્રામ ઉપર  $f, g, h, j$ , અને  $b$  આગળ દેખાડી છે.

શીઅરફોર્સ ફોર્સ (બંજનનં જોર) વજન અને પ્રતિકાર્યનાં પરસ્પર કાર્યને લીધે ઉત્પન્ન થાય છે અને તે A અને B વચ્ચેનાં કોષ્ટકો

છેદચિત્ર ઉપરનાં  $W$ ની બરાબર થશે. નિયમિતપણા માટે આપણે હમેશાં તે છેદચિત્રની માત્ર જમણી બાજુ ઉપરનું જોર લક્ષમાં લઈશું, તેથી અત્રે શીઅરિંગ ફોર્સ દર્શાવનારી ઉભી લીટીઓ  $a, b$  લીટીની ઉપર નીચલી બાજુએ દોરવામાં આવે છે અને તે દરેક બાજતમાં  $W$ ની બરાબર છે.

૨. સમાન રીતે આખી લંબાઈએ વહેંચીને લાધેલા લોડ સાથેના કેન્દ્રીલીવર.—આકૃતિ ૩૬માં  $A B$  ખીમ છે જેને



આકૃતિ ૩૬

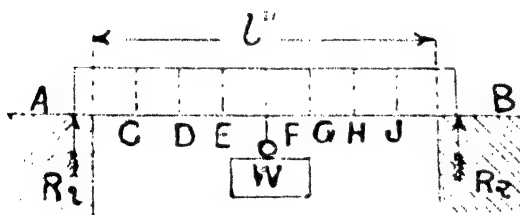
$W \times \frac{3}{8} l = \frac{3}{8} W l$  ઈય-પાંડ છે; છેદચિત્ર  $D$  આગળનું બેન્ડિંગ મોમેન્ટ  $= \frac{W}{2} \times \frac{l}{4} = \frac{W l}{8}$  ઈય-પાંડ છે;  $E$  આગળનું બેન્ડિંગ મોમેન્ટ  $= \frac{W}{4} \times \frac{l}{4} = \frac{W l}{16}$  ઈય-પાંડ છે; અને  $B$  આગળનું બેન્ડિંગ મોમેન્ટ  $= 0$  છે. આ બેન્ડિંગ મોમેન્ટ ડાયગ્રામ વડે દર્શાવ્યાં છે, અને પાયા  $a b$  આગળ ઉભી લીટીઓ આડી લીટીનાં વર્ગનાં પ્રમાણમાં

$A$  આગળ સમગ્ર કરેલો છે, અને  $W$  લોડ છે જેને ખીમની આખી લંબાઈએ સમાન રીતે વહેંચીને લાધેલો છે. આવી રીતે લાધેલો લોડ અથવા વજન જાણે તેટલુંજ વજન ખીમનાં મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરતું હોય તેની બરાબર છે, માટે સૌથી વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડિંગ મોમેન્ટ જે  $A$  આગળ છે તે  $W \times \frac{l}{2} = \frac{W l}{2}$  ઈય-પાંડ છે; છેદચિત્ર  $C$  આગળનું બેન્ડિંગ મોમેન્ટ  $= \frac{3}{8} W l$

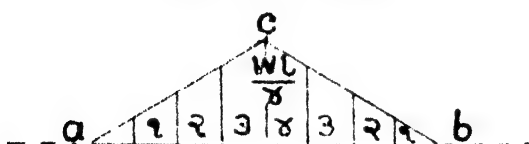
ફેરફાર થાય છે, માટે જે વાંક મળશે તે વર્ટેક્સ (vertex શિરોબિંદુ) તરીકે  $b$  સાથે શંકુ આકૃતિનો વાંક જેને “પેરેબોલા” (Parabola) કહેવામાં આવે છે તે મળશે.

છેદચિત્ર Aની જમણી બાજુ ઉપરનો શીઅરીંગ ફોર્સ =  $W$ , છેદચિત્ર C આગળ શીઅરીંગ ફોર્સ  $\frac{3}{4} W$  છે, છેદચિત્ર D આગળ  $\frac{W}{2}$  છે, છેદચિત્ર E આગળ  $\frac{W}{4}$  છે, અને છેદચિત્ર B આગળ સૂન્ય છે કે જેમ  $a_1$   $b_1$  લીટી ઉપર ડાયગ્રામ વડે દર્શાવ્યું છે.

૩. મધ્યમાં લાધેલા લોડ સાથનો બન્ને છેડે માત્ર ટકવેલો બીમ.—આકૃતિ ૩૭માં બીમ ABને બન્ને છેડે માત્ર ટકવી તેનાં મધ્ય F આગળ લોડ  $W$  લાધ્યો છે, જેથી સૌથી



બેન્ડીંગ મોમેન્ટ



આકૃતિ ૩૭.

વક્રમાં વક્ર (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ મધ્યમાં F બિંદુ આગળ આવશે અને તેજ બિંદુએ બીમ તૂટી જશે. દરેક ટેકા ઉપરનું દર્શાવ્યું

અથવા લોડ  $W$  ને લીધે થતું પ્રતિકાર્ય (reaction)  $\frac{W}{2}$  છે; ખીમનાં મધ્ય  $F$  આગળનાં છેદચિત્રની દરેક બાબુએ ખીમ ઉપર કાર્ય કરતું બેર (force) આ છે, અને તે છેદચિત્ર સુધીનો તે બેરનો લીવ રેજ  $\frac{l}{2}$  છે; તેટલા માટે મધ્ય  $F$  આગળનું સૌથી વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ)

બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= \frac{W}{2} \times \frac{l}{2} = \frac{Wl}{4}$  ઈંચ-પૌંડ છે. છેદચિત્ર  $C$  આગળનું

બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= \frac{W}{2} \times \frac{l}{4} = \frac{Wl}{8}$  ઈંચ-પૌંડ, છેદચિત્ર  $D$  આગળનું

બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= \frac{W}{2} \times \frac{l}{4} = \frac{Wl}{8}$  ઈંચ-પૌંડ, છેદચિત્ર  $E$  આગળનું

બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= \frac{W}{2} \times \frac{3l}{4} = \frac{3Wl}{8}$  ઈંચ-પૌંડ, અને છેદચિત્ર  $F$

એટલે મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ  $= \frac{W}{2} \times \frac{l}{2} = \frac{Wl}{4}$  ઈંચ-પૌંડ

છે. એજ પ્રમાણે ખીમની જમણી બાબુ ઉપરનું પ્રતિકાર્ય અથવા કાર્ય કરતું બેર  $\frac{W}{2}$  લઈને છેદચિત્ર  $J, II$ , અને  $G$  આગળનાં બેન્ડીંગ

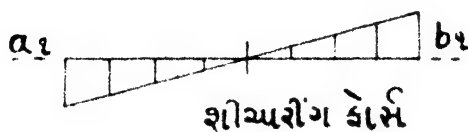
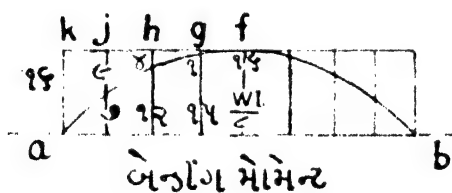
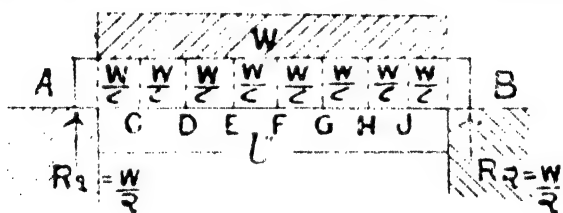
મોમેન્ટ શોધી શકાય. બેન્ડીંગ મોમેન્ટનો કાયદામ આગળના દાખલાઓમાં વર્ણવ્યા પ્રમાણે દોરેલા બતાવ્યા છે.

શીઝરીંગ દર્શાવે વજન અને પ્રતિકાર્યની આદ્યાદી કરીને કાયદામાં આવે છે. દરેક છેદચિત્રની જમણી બાબુ ધ્યાનમાં લેતાં  $A$  થી  $F$  સુધી બેર નિયંત્ર છે અને તે બેર  $W$  નો જે ભાગ પ્રતિકાર્ય  $R_1$  ને સમતા કરે છે તે ભાગ છે અથવા નીચલી દિશામાં  $\frac{W}{2}$  છે.  $F$  થી  $B$  સુધી તે બેર નિયંત્ર છે અને તે ઉપલી દિશામાં  $\frac{W}{2}$  ની ગણતર છે.  $C$  આગળ બેરો ઓચિંતાં બદલાઈને પોઝીટીવ (+) ઉપરથી નેગેટીવ (-) થાય છે.



## વહુંચીને લાધેલા લોડ સાથેના ટેકવોલો બીમ ૨૧૧

૪. સમાન રીતે આખી લંબાઈએ વહુંચીને લાધેલા લોડ સાથેના બન્ને છેડે ટેકવોલો બીમ.—આકૃતિ ૩૮માં બીમ ABને બન્ને છેડે ટેકવી તેની આખી લંબાઈએ લોડ Wને સમાન રીતે વહુંચીને લાધવામાં આવ્યો છે. જ્યાં આગળ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) છે ત્યાંથી બીમ લાંબી જશે એટલે મધ્ય F આગળથી બીમ તૂટી જશે. દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ અથવા લોડ Wને લીધે થતું પ્રતિકાર્ય  $\frac{W}{2}$  છે, જે ઉપરની દિશામાં કાર્ય કરે છે અને જેનો લીવરેજ  $\frac{l}{2}$  છે. આ પ્રતિકાર્ય મધ્ય F આગળનાં છેદચિત્રની એક બાજુએ કાર્ય કરતાં જેરો પૈકીનો માત્ર એકજ છે. એ ઉપરાંત પ્રતિકાર્યની



આકૃતિ ૩૮.

વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું એક બીજું જેર છે જે તેનાં મધ્યમાં કાર્ય કરતાં જેર  $\frac{W}{2}$ ને લીધે છે, અથવા તો મધ્ય F સુધી ગણતાં તે

જોરનો લીવરેજ  $\frac{l}{8}$  થાય છે, તેથી મધ્ય F આગળનાં છેદચિત્રનું

$$\text{બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \left( \frac{W}{2} \times \frac{l}{2} \right) - \left( \frac{W}{2} \times \frac{l}{8} \right) = \frac{Wl}{8} - \frac{Wl}{16} =$$

$\frac{Wl}{16}$  ઇંચ-પૌંડ છે, જે સાંથી વધુ (મેક્સીમમ) છે. છેદચિત્ર C આગળનું

$$\text{બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \left( \frac{W}{2} \times \frac{l}{4} \right) - \left( \frac{W}{4} \times \frac{l}{16} \right) = \frac{Wl}{16} - \frac{Wl}{64}$$

$$= \frac{3}{64} Wl \text{ ઇંચ-પૌંડ; છેદચિત્ર D આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \left( \frac{W}{2} \times \frac{l}{8} \right) - \left( \frac{W}{8} \times \frac{l}{4} \right) = \frac{Wl}{16} - \frac{Wl}{32} = \frac{1}{32} Wl \text{ ઇંચ-પૌંડ;}$$

$$\text{E આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \left( \frac{W}{2} \times \frac{3}{4}l \right) - \left( \frac{3}{4}W \times \frac{3}{16}l \right) = \frac{3}{16}Wl - \frac{9}{128}Wl = \frac{14}{128} Wl \text{ ઇંચ-પૌંડ; અને છેદચિત્ર F આગ-}$$

$$\text{ળનું એટલે મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \left( \frac{W}{2} \times \frac{l}{2} \right) - \left( \frac{W}{2} \times \frac{l}{8} \right) = \frac{Wl}{4} - \frac{Wl}{16} = \frac{3}{8} Wl \text{ ઇંચ-પૌંડ છે. એજ પ્રમાણે}$$

બિંદુઓ G, H, અને J ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધી શકાશે. દાખલા તરીકે, G આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ઉપર ક્યું તેમ બીમના ડાબા હાથ તરફનો ભાગ લક્ષમાં લઈ શોધીએ તો G આગળનાં છેદચિત્રના ડાબી તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં જોરોનાં મોમેન્ટનો એકલબેક સરવાળો તે છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ આપશે; તેટલા માટે છેદચિત્ર G

$$\text{આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \left( \frac{W}{2} \times \frac{5}{4}l \right) - \left( \frac{5}{4}W \times \frac{5}{16}l \right) = \frac{5}{16}Wl - \frac{25}{128}Wl = \frac{14}{128} Wl \text{ ઇંચ-પૌંડ છે. જે G ઉપરનાં છેદ-}$$

ચિત્રની જમણી તરફનો ભાગ લક્ષમાં લઇએ તો તે તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સધળાં જોરોનાં મોમેન્ટના એલગીએક સરવાળા બરાબર એન્ડીંગ મોમેન્ટ થશે; તેટલા માટે જમણી તરફનો ભાગ લક્ષમાં લેતાં

$$\text{છેદચિત્ર G આગળનું એન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \left( \frac{W}{2} \times \frac{3}{4} l \right) -$$

$$\left( \frac{3}{8} W \times \frac{3}{4} l \right) = \frac{3Wl}{16} - \frac{9Wl}{32} = \frac{14}{32} Wl \text{ ઇચ-પોંડ છે, અને}$$

એજ પ્રમાણે H અને J ઉપરનાં છેદચિત્રની કોઈ પણ એક બાજુ ધ્યાનમાં લઇને તે ઉપરનાં એન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધી શકાશે.

એન્ડીંગ મોમેન્ટના ડાયગ્રામમાં પાયા  $a$   $b$  ઉપર સધળાં એન્ડીંગ મોમેન્ટ દર્શાવ્યાં છે. આડી લીટી  $f$   $h$  દોરવાથી આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે  $f$   $h$  અને  $af$  વચ્ચે આવતાં અંતરો આકૃતિ ૩૬માં જેમ દેખાડ્યું છે તેમ ફેરફાર થતાં માલમ પડે છે, અને તેટલા માટે જે વાંક (કર્વ) મળે છે તે  $f$  આગળ વટોકસ સાથનો “પેરેબોલા” છે.

શીઅરોંગ ફોર્સને દરેક છેદચિત્રની જમણી બાજુ ઉપરનાં ઉપલી દિશાનાં અને નીચલી દિશાનાં જોરોની બાદબાકી કરીને શોધી શકાય છે. આ નીચે પ્રમાણે છે:—

A આગળ શીઅરોંગ ફોર્સ =  $W - \frac{W}{2} = \frac{W}{2}$  છે, જે નીચલી દીશામાં એટલે પોઝીટીવ છે.

C “ “ “ =  $\frac{9}{16}W - \frac{W}{2} = \frac{1}{16}W$  છે, “ “ “

D “ “ “ =  $\frac{3}{8}W - \frac{W}{2} = -\frac{1}{8}W$  છે, “ “ “

E “ “ “ =  $\frac{1}{8}W - \frac{W}{2} = -\frac{7}{8}W$  છે, “ “ “

F “ “ “ =  $\frac{W}{2} - \frac{W}{2} = 0$  છે, “ “ “

G “ “ “ =  $\frac{3}{8}W - \frac{W}{2} = -\frac{1}{8}W$  છે, જે ઉપલી દિશામાં એટલે નેગેટીવ છે.

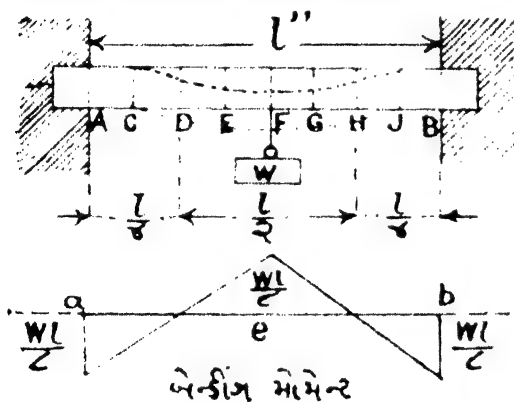
$$H \quad " \quad " \quad " = \frac{W}{8} - \frac{W}{2} = -\frac{W}{8} \text{ છે, } " \quad " \quad "$$

$$J \quad " \quad " \quad " = \frac{W}{8} - \frac{W}{2} = -\frac{3W}{8} \text{ છે, } " \quad " \quad "$$

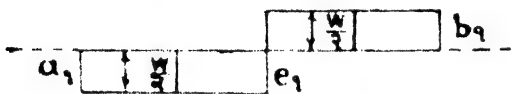
$$B \quad " \quad " \quad " = -\frac{W}{2} = -\frac{W}{2} \text{ છે, } " \quad " \quad "$$

મધ્ય F આગળ કાંઈ પણ જોર નથી.

૫. મધ્યમાં લાંબેલા લોડ સાથેના બંને છેડે સજ્જડ કરેલો બીમ.—આકૃતિ ૩૯માં બીમ A B ને બંને છેડા આગળથી સજ્જડ કરી તેનાં



મધ્ય F આગળ લોડ W ને લાધ્યો છે. લોડ W ને લીધે બીમ અંકિત લીટી વડે દેખાણા પ્રમાણે નીચે નમી જશે એટલે વાંકા વળી જશે, જેથી A D અને B H કેન્ડીલીવર તરીકે કાર્ય કરશે, અને D H ટેકવેલા ગડર તરીકે કાર્ય કરશે. D થી H સુધી બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ઉપલી દિશામાં છે, અને



શીઅરિંગ ફોર્સ

આકૃતિ ૩૯

સુધી નીચલી દિશામાં છે, જે D અને H આગળ શૂન્ય છે. આ D અને H બિંદુઓ વળી જવાની સામે થનારાં (counterflexure) બિંદુઓ છે, અને તેઓ છેડાથી  $\frac{l}{8}$  ને અંતરે છે. સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાશે:—

A થી D તથા B થી H

## વહેંચીને લાઘેલા લોડ સાથેના સંબંધ કરેલો ખીમ ૨૧૫

મધ્ય F આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = ધણું કરીને  $\frac{Wl}{8} = \frac{Wl}{8}$   
 $= \frac{Wl}{8}$  ઇચ-પૌંડ.

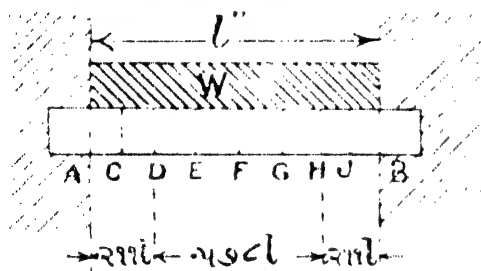
આ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ઉપલી દિશામાં છે.

છેડાઓ A અને B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = ધણું કરીને

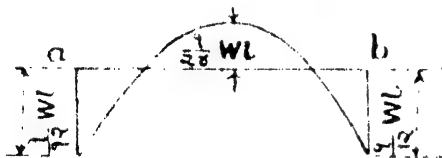
$$Wl = \frac{W}{2} \times \frac{l}{4} = \frac{Wl}{8} \text{ ઇચ-પૌંડ;}$$

આ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ નીચલી દિશામાં છે.

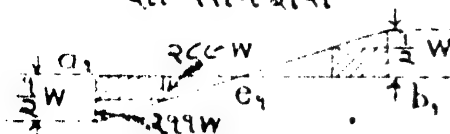
પાયા a b ઉપર બેન્ડીંગ મોમેન્ટનો ડાયગ્રામ બતાવ્યો છે.



બેન્ડીંગ મોમેન્ટ



શીઅરિંગ ફોર્સ



આકૃતિ ૪૦

શીઅરિંગ ફોર્સ ત્રીજી આબ્જતનાં જોડલોજ છે.

૬. આખી લંબાઈએ સમાન રીતે વહેંચીને લાઘેલા લોડ સાથેના બંને છેડે સંબંધ કરેલો ખીમ.—આકૃતિ ૪૦માં ખીમ ABને બંને છેડે સંબંધ કરી તેની આખી લંબાઈએ લોડ Wને સરખી રીતે વહેંચીને લાઘવામાં આવ્યો છે. પેરેબોલાનાં બહુગુણિતાં લક્ષણ વડે સાબીત કરી શકાશે કે વળી જવાની સામે થનારાં બિંદુઓ D અને H કોમાં પણ છેડાથી ૨૧૧/૮૦ ને અંતરે છે, ત્યારે બેન્ડીંગ મોમેન્ટ

નીચે પ્રમાણે શોધી શકાશે:—

$$\begin{aligned} \text{મધ્ય F આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} &= \text{ઘણું કરીને } \frac{Wl}{2} \\ &= \frac{.491 W \times .491 l}{2} = .08196 Wl = \frac{Wl}{24} \quad \text{ઇંચ-પૌંડ, જે} \\ &\text{ઉપલી દિશામાં છે.} \end{aligned}$$

છેડાઓ A અને B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ નીચે પ્રમાણે બનેલું છે:—

$$\begin{aligned} \text{એકજ બિંદુએ લાધેલા લોડ } \frac{.491 W}{2} &= .245 W \text{ માટે બેન્ડીંગ} \\ \text{મોમેન્ટ} &= .245 W \times .211 l = .05082 Wl, \text{ અને સરખા રીતે} \\ \text{વહેંચેલા લોડ } .211 W \text{ માટે બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} &= \frac{.211 W \times .211 l}{2} \\ &= .02226 Wl. \end{aligned}$$

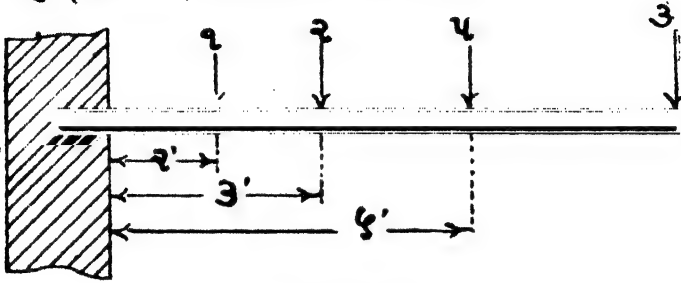
$$\begin{aligned} \text{આ બંને પરિણામોનો સરવાળો કરતાં છેડાઓ A અને B} \\ \text{આગળનાં B. M.} &= .05082 Wl + .02226 Wl = .07308 Wl \\ &= \frac{Wl}{12} \quad \text{ઇંચ-પૌંડ, જે નીચલી દિશામાં છે.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ઉપરનાં પરિણામ ઉપરથી માલમ પડશે કે સૌથી વધુ (મેક્સીમમ)} \\ \text{બેન્ડીંગ મોમેન્ટ છેડાઓ ઉપર આવશે અને તે } \frac{Wl}{12} \text{ ઇંચ-પૌંડ છે, અને} \\ \text{મધ્યમાં આવતું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} &= \frac{Wl}{24} \text{ ઇંચ-પૌંડ છે.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A આગળનો શીઅરિંગ ફોર્સ} &= .245 W + .211 W = \frac{W}{2} \text{ છે.} \\ \text{અને D આગળનો શીઅરિંગ ફોર્સ} &= .245 W \text{ છે.} \end{aligned}$$

ઉપર આપેલી સઘળી બાબતોમાં બીમનું વજન ધ્યાનમાં લીધું નથી. જો બીમનું વજન આપવામાં આવે તો તેનું વજન તેનાં ગુરુત્વમધ્ય-બિંદુમાં કાર્ય કરે છે. આ બિંદુ સમાન છેદયિત્રના બીમનાં મધ્યમાં હોય છે.

**દાખલો ૧.**—એક કેન્ટીલીવર ૧૦ ફુટ લાંબો છે અને દીવાલથી ૧૦ ફુટ, ૬ ફુટ, ૩ ફુટ અને ૨ ફુટ દુર અનુક્રમે ૩ ટન, ૫ ટન, ૨ ટન, અને ૧ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તે જે બિંદુઓએ વજન લાધ્યાં છે તે દરેક બિંદુ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૧

આકૃતિ ૪૧માં આ કેન્ટીલીવર બતાવ્યો છે.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ દીવાલ આગળ છે.

$$\text{સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) B. M.} = 3 \times 10 + 5 \times 6 + 2 \times 3 + 1 \times 2 \\ = 30 + 30 + 6 + 2 = \underline{68 \text{ ઇંચ-ટન}}$$

જે બિંદુએ ૧ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. =  $3 \times 6 + 5 \times 3 + 2 \times 1$

$$= 24 + 15 + 2 = \underline{41 \text{ ઇંચ-ટન.}}$$

જે બિંદુએ ૨ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. =  $3 \times 3 + 5 \times 2 = 21 + 10$

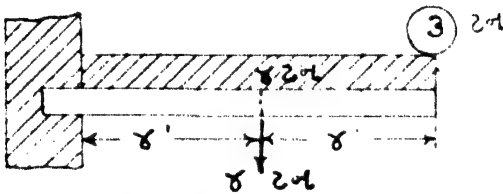
$$= \underline{31 \text{ ઇંચ-ટન.}}$$

જે બિંદુએ ૫ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. =  $3 \times 2 = 6$  ઇંચ-ટન.

જે બિંદુએ ૩ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. =  $3 \times 0 = 0$  ઇંચ-ટન.

નોટ—આ ધ્યાનમાં રાખવું જોઈએ કે લીવરેજ હમેશાં જે બિંદુએ વજન લાધ્યું હોય તે બિંદુથી જે છેદચિત્ર આગળનું B. M. શોધવું હોય તે છેદચિત્ર સુધીનું અંતર લેવામાં આવે છે.

દાખલો ૨.—૮ ફુટ લાંબા એક કેન્ડીલીવર ઉપર તેને બહારને છેડે ૩ ટનનું વજન લાધેલું છે અને તેની આખી લંબાઈએ ૪ ટનનું વજન સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો સાંથી વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૨.

આકૃતિ ૪૨માં આ કેન્ડીલીવર બતાવ્યો છે.

સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું ૪ ટનનું વજન બીમનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ જે મધ્યમાં છે ત્યાં આગળ કાર્ય કરે છે.

સાંથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ દીવાલ આગળ છે.

$$\text{સાંથી વધુ B. M.} = (3 \times 8 \times 12) + \left(4 \times \frac{8 \times 12}{2}\right)$$

$$= 288 + 192 = 480 \text{ ઈંચ-ટન}$$

લીવરની અર્ધા લંબાઈને કાળે સમાન રીતે વહેંચીને લાધેલું વજન W અર્ધે એટલે ૨ ટન છે જે લીવરની અર્ધા લંબાઈનાં મધ્યમાં એટલે લીવરનાં મધ્યથી ૨ ફુટ દુર કાર્ય કરે છે.

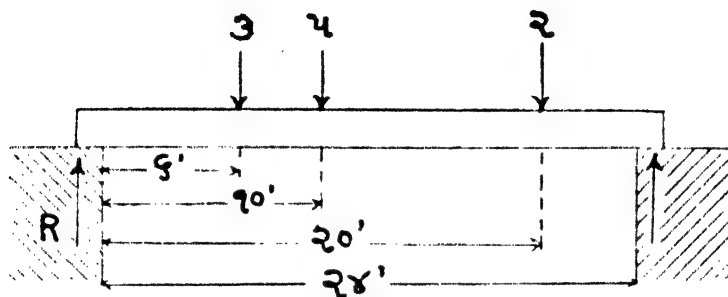
$$\therefore \text{મધ્ય આગળનું B. M.} = (3 \times 4 \times 12) + (2 \times 2 \times 12)$$

$$= 144 + 48 = 192 \text{ ઈંચ-ટન}$$

દાખલો ૩.—૨૪ ફુટ લાંબા એક બીમને દરેક છેડે ૨૦ કેવેલો છે અને તે ઉપર એક છેડેથી ૬ ફુટ, ૧૦ ફુટ, અને ૨૦ ફુટ દુર



અનુક્રમે ૩ ટન, ૫ ટન, અને ૨ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તો આ ત્રણે બિંદુઓ આગળનાં બેન્ડોંગ મોમેન્ટ શોધો અને સાંથી વધુ બેન્ડોંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૩.

આકૃતિ ૪૩માં આ બીમ બતાવ્યો છે.

પહેલાં કોઈ પણ એક છેડા ઉપરનું પ્રતિકાર્ય  $R$  શોધવું જોઈએ; તેના સામેના છેડાની આસપાસનું મોમેન્ટ લેતાં—

$$R \times 24 = 3 \times 16 + 5 \times 18 + 2 \times 4$$

$$R \times 24 = 48 + 90 + 8$$

$$\therefore 24 R = 146$$

$$\therefore R = \frac{146}{24} = 6.08 \text{ ટન}$$

આ પ્રતિકાર્ય ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર છે, જ્યારે લાધેલાં વજનો નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે.

$$૩ ટન આગળનું B. M. = 6.08 \times 4 \times 12 = 291.84 \text{ ઇંચ-ટન.}$$

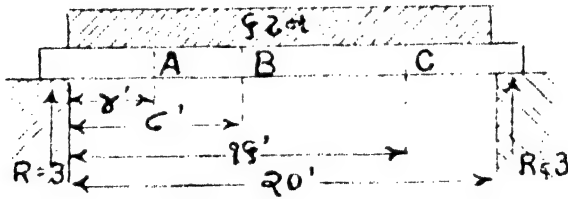
$$\begin{aligned} ૫ ટન આગળનું B. M. &= (6.08 \times 10 \times 12) - (3 \times 8 \times 12) \\ &= 729.6 - 288 = 441.6 \text{ ઇંચ-ટન.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ૨ ટન આગળનું B. M. &= (6.08 \times 20 \times 12) - (3 \times 18 \times 12) \\ &- (5 \times 10 \times 12) = 1459.2 - 648 - 600 = 1459.2 - 1248 \\ &= 211.2 \text{ ઇંચ-ટન.} \end{aligned}$$

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = ૫૧૬ ઇંચ-ટન, જે જ્યાં આગળ ૫ ટનનું વજન લાદેલું છે તે બિંદુ આગળ છે, અને આ બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળ ખીમ તૂટી જશે.

નોટ—સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ હમેશાં ખીમ ઉપર લાદેલાં વજનોમાંના એક વજનનાં બિંદુ આગળ હોય છે.

**દાખલો ૪.**—૨૦ ફુટ લાંબા એક ખીમને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે, અને તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચેલું ૬ ટનનું વજન લાદેલું છે, તો એક છેડાથી ૪ ફુટ, ૮ ફુટ, અને ૧૬ ફુટ દુર આવેલાં અનુક્રમે A, B, અને C છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વળી સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૪.

આકૃતિ ૪૪માં આ ખીમ બતાવ્યો છે.

૬ ટનનું વજન ખીમની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચાયેલું હોવાથી દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ અથવા વજનને લીધે આવતું પ્રતિકાર્ય  $R$  અને  $R_q = ૩$  ટન છે જે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરે છે.

ખીમની ૪ ફુટ લંબાઈને કાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયેલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર =  $\frac{૪}{૨૦} W = \frac{W}{૫} = \frac{૬}{૫} = ૧.૨$  ટન છે જે ૪ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

$\therefore$  A આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ =  $(૩ \times ૪ \times ૧૨) - (૧.૨ \times ૨ \times ૧૨) = ૧૪૪ - ૨૮.૮ = \underline{૧૧૫.૨ \text{ ઇંચ-ટન.}}$

બીમની ૮ ફુટ લંબાઈને કાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર =  $\frac{W}{8}$   $W = \frac{W}{8} \times 8 = \frac{W}{8} \times 8 = 2.4$  ટન છે જે ૮ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

$$\therefore B \text{ આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = (3 \times 8 \times 12) - (2.4 \times 8 \times 12) \\ = 288 - 230.4 = 57.6 \text{ ઇંચ-ટન.}$$

બીમની ૧૬ ફુટ લંબાઈને કાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર =  $\frac{W}{16}$   $W = \frac{W}{16} \times 16 = \frac{W}{16} \times 16 = 4.8$  ટન છે જે ૧૬ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

$$\therefore C \text{ આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = (3 \times 16 \times 12) - (4.8 \times 16 \times 12) \\ = 576 - 921.6 = 64.4 \text{ ઇંચ-ટન}$$

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ મધ્ય આગળ છે. બીમની અર્ધી લંબાઈને કાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર =  $\frac{W}{2} = \frac{W}{2} = 3$  ટન છે, જે અર્ધી લંબાઈનાં મધ્યમાં એટલે  $\frac{1}{2}$  લંબાઈએ કાર્ય કરે છે.

$$\therefore \text{સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = (3 \times 10 \times 12) - (3 \times 10 \times 12) \\ = 360 - 360 = 0 \text{ ઇંચ-ટન}$$

**દાખલો ૫.**—એક બીમને બંને છેડે ટેકવેલો છે અને તે ઉપર મધ્યમાં લાધેલું ૫ ટનનું વજન સલામતી સાથે તે ખમી શકે છે, તો તે ઉપર આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું કેટલું વજન તમો નિર્ભય ધારો છો ?

મધ્યમાં વજન લાધેલા બીમનું સૌથી વધુ B. M. : સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલા બીમનું સૌથી વધુ B. M. ::  $\frac{W_1}{4} : \frac{W_2}{2}$

$$:: 2 : 1$$

∴ મધ્યમાં વજન લાધેલા બીમનું જોર : સરખી રીતે વહેંચીને  
વજન લાધેલા બીમનું જોર : : ૧ : ૨

∴ પહેલા કરતાં બીજો બીમ વજન બમણું એટલે

$$૫ \times ૨ = \underline{૧૦ \text{ ટન}} \text{ ખમી શકશે.}$$

અથવા

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{Wl}{૮}$$

$$\therefore \frac{૫l}{૪} = \frac{Wl}{૮}$$

$$\therefore ૪ Wl = ૮ \times ૫l$$

$$\therefore W = \frac{૮ \times ૫ \times l}{૪ \times l}$$

$$= \underline{૧૦ \text{ ટન}}, \text{ એટલે વજન બમણું ખમી શકશે.}$$

**દાખલો ૬.**—૧૬ ફુટ લાંબા એક બીમના બન્ને છેડા દીવાલમાં ચણી લઈ સજ્જડ કરેલા છે અને તેનાં મધ્યમાં ૪ ટનનું વજન લાધેલું છે, તો સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ મધ્યમાં અને છેડાઓ ઉપર આવે છે.

$$\text{સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \frac{Wl}{૮} = \frac{૪ \times ૧૬}{૮} = \underline{૮ \text{ ફુટ-ટન}}$$

**દાખલો ૭.**—૧૮ ફુટ લાંબા બીમને બન્ને છેડેથી સજ્જડ કરેલો છે અને તે ઉપર ૩ ટનનું વજન આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો મધ્ય અને છેડાઓ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ છેડાઓ ઉપર આવશે.

$$\begin{aligned} \therefore \text{છેડાઓ આગળનું સૌથી વધુ B.M.} &= \frac{Wl}{૧૨} \\ &= \frac{૩ \times ૧૮ \times ૧૨}{૧૨} \end{aligned}$$

∴ છેડાઓ આગળનું સૌથી વધુ B. M. =  $\frac{48}{24}$  ઈંચ-ટન

$$\text{મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \frac{Wl}{24} = \frac{3 \times 12 \times 12}{24} \\ = \frac{36}{24} \text{ ઈંચ-ટન}$$

**બીમનું બળ અથવા મજબૂતી (Strength of Beams).**—જ્યારે એક બીમને દરેક છેડે ટેકવી તે ઉપર વજન લાદવામાં આવ્યું હોય ત્યારે તે વજનને લીધે બીમ વળી જવાનું વલણ કરે છે જેથી કરીને જે ઉપલા રેશા (ફાઇબર્સ fibres) કે જેનો બનેલો બીમ ધારવામાં આવે છે, તે રેશાઓ ટુંકા થાય છે અથવા દબાય છે, અને નીચલાં પડોના રેશા લંબાય છે અથવા તેનાં ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે. આ જોરો છેક બહારનાં પડો ઉપર કાર્ય કરે છે એટલુંજ નહીં પણ ધીમે ધીમે ઘટતાં પ્રમાણથી અંદરનાં પડો ઉપર પણ કાર્ય કરે છે. આ જોરો ચોક્કસ પડ આગળ આવી પહોંચતાં કાર્ય કરનાં બંધ થશે, અને તે પડ દબાશે નહીં તેમ લંબાશે પણ નહીં. કેન્ટ્રીલીવરની બાબતમાં વળવાનું વલણ ઉલટી દિશામાં થાય છે તેથી ઉપલા રેશાઓ ખેંચાય છે અને નીચલા રેશાઓ દબાય છે.

એક બીમમાં રેશાઓનાં જે પડ અથવા ક્ષેત્ર જ્યારે વજનને લીધે બીમ વાંકો વળે ત્યારે લંબાઈમાં ફેરફાર થયા વિના રહી જાય છે તેને “ન્યુટ્રલ સરકેસ” (શિથિલ સપાટી) કહે છે, અને જે રેખામાં આ પડ બીમનાં કોઈપણ છેદયિત્રને કાપે છે અથવા છેદે છે તે રેખાને તે છેદયિત્રની “ન્યુટ્રલ એક્સીસ” (શિથિલ મધ્યરેખા) કહે છે. ન્યુટ્રલ એક્સીસ (neutral axis) બીમનાં છેદયિત્ર (ક્રોસ સેક્શન)નાં ગુરુત્વ મધ્ય બિંદુમાંથી પસાર થાય છે.

બીમનાં કોઈપણ છેદયિત્ર આગળનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ (Resisting moment) તે બીમનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટની બરાબર છે.

ખીમનાં છેદચિત્રનો ગુણક એટલે મોડ્યુલસ ઓફ સેક્શન (**Modulus of section**).—ખીમનાં છેદચિત્રનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીજીસ્ટીંગ મોમેન્ટ મેળવવાને માટે સલામતી સાથે લઈ શકાતાં સ્ત્રેસને જે રકમ વડે ગુણવી જોઈએ તે રકમને તે “છેદચિત્રનો મોડ્યુલસ” કહેવામાં આવે છે, જેને  $Z$  અક્ષર વડે ધણું કરીને દર્શાવવામાં આવે છે. ત્યારે રીજીસ્ટીંગ મોમેન્ટ (વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ)  $= fZ =$  વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ. દાખલા તરીકે, સમાન છેદચિત્રના નક્કર ચોખ્ખણ (રેક્ટેંગ્યુલર) ખીમનાં

કોઈ પણ છેદચિત્રનો મોડ્યુલસ  $Z = \frac{BD^2}{6}$  છે એમ સાબીત કરી શકાય છે, તેટલા માટે તે છેદચિત્ર આગળનું રીજીસ્ટીંગ મોમેન્ટ એટલે વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ  $= fZ = \frac{fBD^2}{6}$  છે, એમાં

$f =$  જે પદાર્થનો ખીમ બનેલો છે તે પદાર્થ ઉપર લેવા દેવામાં આવતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ,

$B =$  તે છેદચિત્ર આગળની ખીમની પહોળાઈ, અને

$D =$  તે છેદચિત્ર આગળની ખીમની ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઈ.

લાકડાંના ખીમ ધણું કરીને આખી લંબાઈએ સમાન છેદચિત્રના ચોખ્ખણ આકારના હોય છે, અને તેની બાબતમાં વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) રીજીસ્ટીંગ મોમેન્ટ એટલે વળી જવાની સામે થતું વધુમાં વધુ મોમેન્ટ  $= \frac{fBD^2}{6}$  છે.

ગોળ છેદચિત્રના ખીમનો તેનાં છેદચિત્રનો મોડ્યુલસ  $= Z = \frac{\pi D^3}{32}$  છે, તેટલા માટે ગોળ ખીમની બાબતમાં રીજીસ્ટીંગ

મોમેન્ટ (વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ)  $= fZ = \frac{f\pi D^3}{32}$  છે.

એમાં  $D =$  ગોળ ખીમનાં છેદચિત્ર આગળનો વ્યાસ છે.

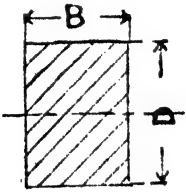
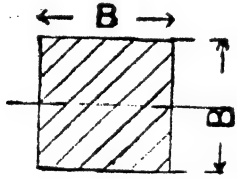
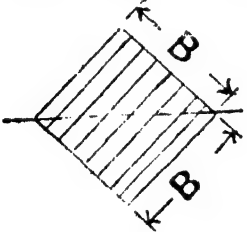
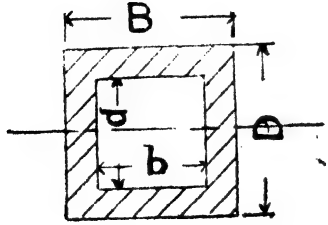
### સ્ટીલ રોલ્ડ બીમ્સ (Steel Rolled Beams).—

બીમની બાબતમાં આગળ દર્શાવવામાં આવ્યું છે કે બીમો વજન અથવા લોડ લાધવાથી જ્યારે વાંકા વળી જાય છે ત્યારે જે રેશાઓનો તે બીમ બનેલો માનવામાં આવે છે તે રેશાઓનાં કેટલાંક પડો ખેંચાણમાં અને બીજાં દબાણમાં હોય છે. જેમ જેમ બીમની ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઈનાં મધ્યની લગભગ વધારે નજદીક આવતા જઈએ તેમ તેમ આ ખેંચાણ અને દબાણ ઓછું થતું જાય છે. આ ઉપરથી માલમ પડશે કે બીમની બહારની બાજુની નજદીકના રેશાઓ ઉપર મધ્યની નજદીકના રેશાઓ કરતાં વધારે મોટાં સ્ત્રેસ આવે છે, તેટલા માટે જ્યાં આગળ સ્ત્રેસ ઓછાં આવવાનાં હોય ત્યાં આગળનો પદાર્થ દુર કરી જ્યાં આગળ સ્ત્રેસ વધુ આવવાનું હોય ત્યાં આગળ મુકવાથી બીમના પદાર્થને ઘણી કરકસર રીતે ગોઠવી શકાય છે. લાકડાંના બીમની બાબતમાં આ પ્રમાણે સારી રીતે બની શકે નહીં, પણ ધાતુના બીમની બાબતમાં કશી અડચણ આવતી નથી, અને તેટલા માટે આપણે જોઈએ છીએ કે તેવા બીમોને મથાળે અને તળીયે ફ્લેન્જ (flange) બનાવી તે ફ્લેન્જને એક અથવા બે પાતળી વેબ (web) વડે જોડેલી હોય છે.

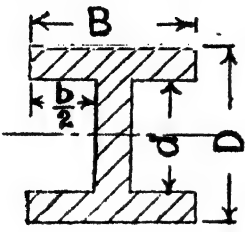
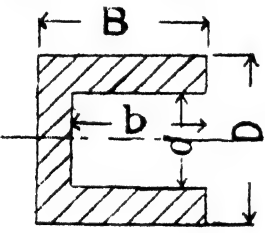
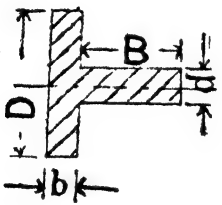
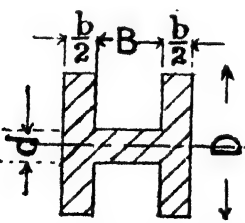
ઘડતર લોઢાંના અને પોલાદ એટલે સ્ટીલના બીમને રોલ (roll) કરી જુદા જુદા આકારનાં છેદચિત્રનાં બનાવવામાં આવે છે, જેમાંના કેટલાક બીમોનાં છેદચિત્રોની આકૃતિઓ બીમોનાં જુદાં જુદાં છેદચિત્રોના મોડ્યુલસના કોષ્ટકમાં બતાવી છે.

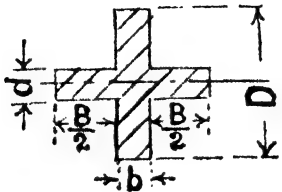
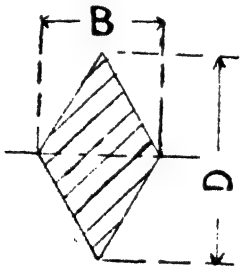
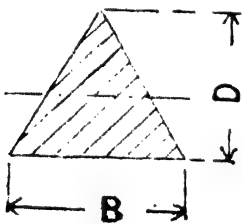
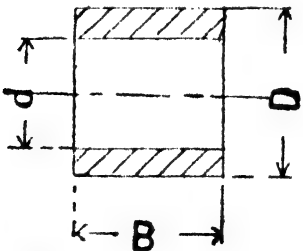
વ્યવહારમાં જે જુદાં જુદાં છેદચિત્રના બીમો વપરાય છે તેનાં છેદચિત્રના મોડ્યુલસ (Modulus of the Section)  $Z$ નો કોઠો નીચે આપ્યો છે.

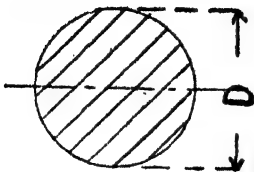
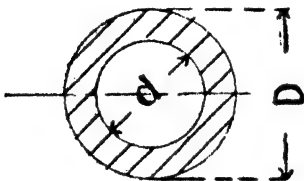
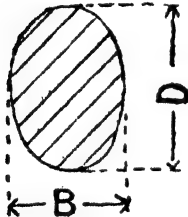
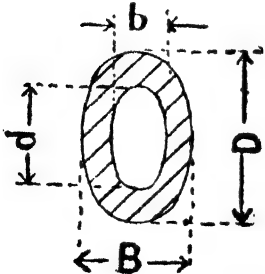
ખીમનાં જુદાં જુદાં છેદચિત્રોના મોડ્યુલસ એટલે  
ગુણક  $I$  નો કોડો:—

ખીમનાં છેદચિત્રોના આકાર	મોડ્યુલસ $I$
	$\frac{BD^3}{12}$
	$\frac{B^3}{12}$
	$\frac{B^3 \sqrt{2}}{12}$
	$\frac{BD^3 - bd^3}{12}$



બીજાનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડ્યુલસ $Z$
	$\frac{BD^3 - bd^3}{6 D}$
	$\frac{BD^3 - bd^3}{6 D}$
	$\frac{Bd^3 + bD^3}{6 D}$
	$\frac{Bd^3 + bD^3}{6 D}$

બીમનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડ્યુલસ $Z$
	$\frac{Bd^3 + bD^3}{12D}$
	$\frac{BD^3}{48}$
	$Z_1 = \frac{BD^3}{48}$ $Z_2 = \frac{BD^3}{12}$
	$\frac{B(D^3 - d^3)}{12D}$

બીજાનાં ઉદયિત્રના આકાર	માડયુલસ $Z$
	$\frac{\pi D^3}{32}$
	$\frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D}$
	$\frac{\pi B D^3}{32}$
	$\frac{\pi (B D^3 - b d^3)}{32 D}$

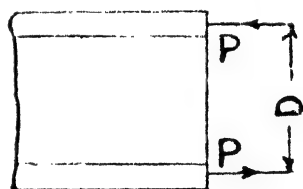
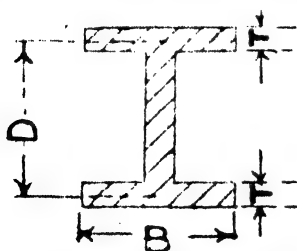
ખીમનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડ્યુલસ Z
	<p>મથાળેની સપાટીનાં એક્સ માટે—</p> $Z_1 = \frac{(BD^2 - bd^2)^2 - 8BD bd (D - d)^2}{4 (BD^2 - bd^2)}$
	<p>તળીયેની સપાટીનાં એક્સ માટે—</p> $Z_2 = \frac{(BD^2 - bd^2)^2 - 8BD bd (D - d)^2}{4 (BD^2 - bd^2)}$

ઉપલા કોણમાં આપેલા ખીમોનાં જુદાં જુદાં છેદચિત્રના મોડ્યુલસ Zને જે પદાર્થનો ખીમ બનેલો છે તે પદાર્થ ઉપર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ લેવા દેવામાં આવતાં વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ  $f$  વડે ગુણવાથી ખીમનાં તે છેદચિત્ર આગળનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ મળે છે. આ રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ ખીમનાં વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટની બરાબર છે. આ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ખીમને જેવી રીતે બેસાડયો હોય અને તેની ઉપર જેવી રીતે વજન લાદ્યું

હોય તેની ઉપર આધાર રાખે છે, જે આગળ દર્શાવ્યા પ્રમાણે  $Wl, \frac{Wl}{2}, \frac{Wl}{4}, \frac{Wl}{l}, \frac{Wl}{l}$ , અને  $\frac{Wl}{12}$  છે; સારે નક્કર ચોખ્ખી (રેક્ટેંગ્યુલર rectangular) બીમની દરેક બાબતમાં:— $Wl = \frac{fBD^2}{6}$ ;  $\frac{Wl}{2} = \frac{fBD^2}{6}$ ;  $\frac{Wl}{4} = \frac{fBD^2}{6}$ ;  $\frac{Wl}{l} = \frac{fBD^2}{6}$ ;  $\frac{Wl}{l} = \frac{fBD^2}{6}$ ;  $\frac{Wl}{12} = \frac{fBD^2}{6}$ ; તેટલા માટે દરેક બાબતમાં:— $W = \frac{fBD^2}{6l}, \frac{2fBD^2}{6l}, \frac{4fBD^2}{6l}, \frac{4fBD^2}{6l}, \frac{4fBD^2}{6l}$ , અને  $\frac{12fBD^2}{6l}$  છે.

જો બીમની પહોળાઈ અને ઉંડાઈ ઇંચમાં લેવામાં આવે, અને  $f$  પાઉંમાં લેવામાં આવે તો રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ ઇંચ-પાઉંમાં અથવા પાઉં-ઇંચમાં આવશે.

I આકારનાં છેદચિત્રવાળા બીમ માટેનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ અડસતે શોધવાની વ્યવહારમાં વપરાતી રીત.— નીચે આપેલી સાદી રીત વારંવાર વપરાય છે અને તે વ્યવહારમાં ઘણા દાખલાઓ માટે પુરતી ખરી છે. આકૃતિ ૪૫માં દરેક ફ્લેન્જની પહોળાઈ B ઇંચ અને જડાઈ T ઇંચ છે, તેટલા માટે દરેક ફ્લેન્જનું



આકૃતિ ૪૫.

ક્ષેત્રફળ  $= A = B \times T$  ચોરસ ઇંચ છે, અને બન્ને ફ્લેન્જ વચ્ચેનું ફ્લેન્જની જડાઈનાં મધ્યથી મધ્ય સુધીનું અંતર D ઇંચ છે.

ધારો કે  $f$  = બંને ફ્લેન્ગ ઉપર લેવા દેવામાં આવતું સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ટનમાં છે. ત્યારે  $f \times A = fBT =$  એક ફ્લેન્ગ ઉપર કાર્ય કરતું વધુમાં વધુ ભેર છે.

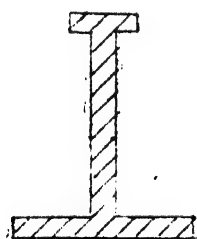
આ ભેરો  $fA$  ( ખંચાણ ),  $fA$  ( દબાણ ) એક કપલ ( couple ) ઉત્પન્ન કરે છે, કે જેનો મોમેન્ટ  $= fAD = fBD$  ઇંચ-ટન છે, અને આ તે બીમનાં છેદચિત્ર આગળ વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ છે. વજન લાદેલા **I** આકારના બીમનાં કોઈપણ છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ આ રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટથી વધુ હોતું જોઈએ નહીં.

**એક સરખાં છેદચિત્રવાળા બીમો.**—જે બીમોને એક સરખી ધાતુ અને એક સરખાં છેદચિત્રના બનાવેલા હોય છે, પણ તેમની પહોળાઈ, ઉંડાઈ, અને લંબાઈનાં માપો જુદાં જુદાં હોય છે તેવા બીમોનાં ભેરો નીચે આપેલા નિયમને મળતા આવે છે; સરખા-મણી કરવામાં આવતા બીમોમાં વજન વડે ત્રાણવાની અને ટેકવવાની રીત સરખી હોવી જોઈએ:—

**નિયમ:**—બીમોનાં ભેર પહોળાઈનાં પ્રમાણમાં છે, ઉંડાઈનાં વર્ગનાં પ્રમાણમાં છે, અને લંબાઈનાં ક્વડ્રેટ પ્રમાણમાં છે.

**ખીડના બીમ ( Cast Iron Beams ).**—ખીડ જેટલું ખંચાણનું ભેર એટલે ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ ખમી શકે છે તેનાંથી જગણું દબાણનું ભેર એટલે કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ ખમી શકે છે; તેટલા માટે જે સરખાં છેદચિત્રની ફ્લેન્ગસ સાથેના ખીડનો ગર્ડર અથવા બીમ બનાવવામાં આવે કે જે ફ્લેન્ગસ ઉપર કુખ્ય કરીને દબાણનું અને ખંચાણનું ભેર આવે છે, તો કોમ્પ્રેશન ફ્લેન્ગ ( જે ફ્લેન્ગ ઉપર

દબાણનું જોર આવે છે તે) ઉપર સૌથી વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ આવે તેની ધણી વખત અગાઉ ટેન્શન ફ્લેન્જ (જે ફ્લેન્જ ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે તે) ઉપર સૌથી વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ આવશે. આવા ગર્ડરને ખરાબર રીતે યોજવા માટે ફ્લેન્જસની એવી રીતે રચના કરવી જોઈએ કે જેથી બન્ને ફ્લેન્જ ઉપર એકી વેળાએ સૌથી વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ આવે. આ પ્રમાણે કરવા માટે ગર્ડરનાં જોરને અડચણ કર્યા શિવાય કોમ્પ્રેશન ફ્લેન્જને કદમાં નાની બનાવી શકાય છે; બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો બન્ને ફ્લેન્જ ઉપર એકી વેળાએ સૌથી વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ આવે એમ કરવા માટે ટેન્શન ફ્લેન્જનું ક્ષેત્રફળ કોમ્પ્રેશન ફ્લેન્જનાં ક્ષેત્રફળથી છ ગણું મોટું રાખવામાં આવે છે; વ્યવહારમાં ટેન્શન ફ્લેન્જનું ક્ષેત્રફળ કોમ્પ્રેશન ફ્લેન્જનાં ક્ષેત્રફળથી ત્રણથી ચારગણું મોટું રાખવામાં આવે છે, તેથી ધાતુની જાડાઈ લગભગ વધારે એકસરખી રાખી શકાય જેથી કાસ્ટીંગ (ઓતકામ) એકસરખી ઝડપે હંદુ થઈ શકે છે અને અસમાન સંકોચને લીધે ઉત્પન્ન થતાં અંદરનાં સ્ત્રેસીસ દુર કરી શકાય છે. તેટલા માટે બીડના ગાર્ડરનું



છેદચિત્ર આકૃતિ ૪૬માં બતાવ્યા જેવું હોઈ શકે, એમાં ઉપલી ફ્લેન્જ કોમ્પ્રેશન ફ્લેન્જ અને નીચલી ફ્લેન્જ ટેન્શન ફ્લેન્જ છે. જો આ કાસ્ટીંગ (ઓતકામ)ને કેન્ટીલીવર તરીકે વાપરવું હોય ત્યારે ફ્લેન્જનાં સ્થાન ઉલટાવવામાં આવે છે, કારણ કે એમાં ટેન્સાઈલ સ્ત્રેસ (ખેંચાણનું જોર) ઉપલી ફ્લેન્જ ઉપર આવે છે અને

આકૃતિ ૪૬. કોમ્પ્રેસીવ સ્ત્રેસ (દબાણનું જોર) નીચલી ફ્લેન્જ ઉપર આવે છે.

આપણે ઉપર જોયું કે ગર્ડરનાં વેબ ઉપરનાં સ્ત્રેસ કરતાં ફ્લેન્જસ ઉપરનાં સ્ત્રેસ વધારે મોટાં છે, તેટલા માટે શણગાર માટે અથવા બીમ સાથે બીજા ભાગો જડવા માટે જોઈતા વેહ ફ્લેન્જસમાં નહીં પણ વેબમાં પાડવા જોઈએ.

બીમનો ઝોક અથવા બીમનું વાંકા વળી જવું તે (ડીફ્લેક્શન ઓફ બીમ્સ Deflection of Beams).— બન્ને છેડે ટેકવેલા બીમની બાજતમાં “ડીફ્લેક્શન” (ઝોક)નો અર્થ એ થાય છે કે—લોડ અથવા વજન લાધવાથી બીમનું મધ્ય પોતાનાં મૂળ સ્થાનથી જેટલું ખસી જાય છે તેને “ડીફ્લેક્શન” (ઝોક) કહેવામાં આવે છે. આ ડીફ્લેક્શન બીમનાં માપો ઉપર આધાર રાખે છે અને તે નીચલા નિયમને આધિન હોય છે:—

**નિયમ:—**ડીફ્લેક્શન એટલે ઝોક લોડનાં સીધાં પ્રમાણમાં, લંબાઈનાં ઘનનાં સીધાં પ્રમાણમાં, પહોળાઈનાં ઉલટાં પ્રમાણમાં, અને ઉંડાઈનાં ઘનનાં ઉલટાં પ્રમાણમાં છે.

આગળ વર્ણવેલી બીમને લાધવાની રીતોમાંની કોઈ પણ એક રીત માટેનું ડીફ્લેક્શન આપ્યું હોય તો બીમને લાધવાની બીજી રીતોમાંની કોઈ પણ એક રીત માટેનું ડીફ્લેક્શન નીચે આપેલા કોષ્ટક ઉપરથી શોધી શકાય છે.

ડીફ્લેક્શનની સામે થવાનાં બીમનાં જોરને “સ્ટીફનેસ” એટલે “કઠણતા” કહેવામાં આવે છે. બીમની કઠણતા એટલે સ્ટીફનેસ બીમની પહોળાઈનાં પ્રમાણમાં, ઉંડાઈનાં ઘનનાં પ્રમાણમાં અને લંબાઈનાં ઘનનાં ઉલટાં પ્રમાણમાં છે.



**બીમનાં સંબંધી જોરો અને ઝાક એટલે ડીફલેક્શનનો કોઠો:-**

	બીમને લાઘવાની અને ટેકવવાની રીત	સંબંધી જોર	સંબંધી ડીફલેક્શન
૧.	કેન્ડીલીવર-એક છેડે સજ્જડ કરી બીજે છેડે વજન લાધેલું.....	૧	૧૨૮
૨.	કેન્ડીલીવર-એક છેડે સજ્જડ કરી આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.....	૨	૪૮
૩.	બીમને બન્ને છેડે ટેકવી મધ્યમાં વજન લાધેલું.....	૪	૮
૪.	બીમને બન્ને છેડે ટેકવી આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું...	૮	૫
૫.	બીમને બન્ને છેડે સજ્જડ કરી મધ્યમાં વજન લાધેલું.....	૮	૨
૬.	બીમને બન્ને છેડે સજ્જડ કરી આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.....	૧૨	૧

**દાખલો ૮.**—એકજ જાતનાં લાકડાંમાંથી બનાવેલા બે બીમની પહોળાઇ અનુક્રમે ૬ ઇંચ અને ૯ ઇંચ છે અને લંબાઇ અનુક્રમે ૧૦ ઇંચ અને ૮ ઇંચ છે, તો તેમનાં સંબંધી જોરો શોધો.

$$\begin{aligned}
 W : W_1 &:: BD^2 : BD^2 \\
 &:: 6 \times 10 \times 10 : 9 \times 8 \times 8 \\
 &:: 600 : 576 \\
 &:: \underline{25} : 24
 \end{aligned}$$

પહેલો બીમ બીજા કરતાં વધુ મજબુત છે.

ખીજ રીત:—

$$\begin{aligned}
 Wl &= \frac{f BD^2}{\frac{1}{4}l} \\
 \therefore W &= \frac{f BD^2}{\frac{1}{4}l} \\
 &= \frac{f \times 4 \times 10 \times 10}{\frac{1}{4}l} = \frac{400 f}{\frac{1}{4}l}
 \end{aligned}$$

ખીજા ખીમની બાબતમાં—

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \frac{f BD^2}{\frac{1}{4}l} \\
 &= \frac{f \times 4 \times 4 \times 4}{\frac{1}{4}l} = \frac{404 f}{\frac{1}{4}l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W : W_1 &:: \frac{400 f}{\frac{1}{4}l} : \frac{404 f}{\frac{1}{4}l} \\
 &:: 400 : 404 \\
 &:: 25 : 28
 \end{aligned}$$

દાખલો ૯.—એકજ જાતનાં લાકડાંના બનાવેલા બે ખીમને દરેક છેડેથી ટેકવેલા છે. તેમાંના એક ખીમ ૧૧ ફુટ લાંબો, ૬ ઇંચ પહોળો, અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે, અને બીજો ખીમ ૨૮ ફુટ લાંબો, ૭ ઇંચ પહોળો, અને ૧૦ ઇંચ ઉંડો છે. તો કયો ખીમ મધ્યમાં વધુ વજન ખમી શકશે? જો પહેલો ખીમ મધ્યમાં લાઘેલું ૧૨૦૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે, તો બીજો ખીમ મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે?

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$12000 : W_1 :: \frac{4 \times 4 \times 4}{11} : \frac{7 \times 10 \times 10}{28}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore W_1 &= \frac{12000 \times 7 \times 10 \times 10 \times 11}{28 \times 4 \times 4 \times 4} \\
 &= 12400 \text{ પૌંડ.}
 \end{aligned}$$

બીજો ખીમ મધ્યમાં વધુ વજન ખમી શકશે.

બીજી રીત:—

$$\frac{Wl}{8} = \frac{fBD^2}{6}$$

$$\frac{12000 \times 16}{8} = \frac{f \times 6 \times 4 \times 4}{6}$$

$$\therefore f = \frac{12000 \times 16 \times 6}{8 \times 6 \times 4 \times 4} = 940 \text{ પૌંડ}$$

$$\frac{W_1 l}{8} = \frac{fBD^2}{6}$$

$$\frac{W_1 \times 24}{8} = \frac{940 \times 6 \times 4 \times 4}{6}$$

$$\therefore W_1 = \frac{940 \times 6 \times 4 \times 4 \times 8}{24 \times 6} = 12400 \text{ પૌંડ}$$

દાખલો ૧૦.—એક બીમ ૧૪ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો, અને ૭ ઇંચ ઊંડો છે. બીજો બીમ ૬ ઇંચ પહોળો અને ૮ ઇંચ ઊંડો છે, તો આ છેલ્લા બીમની લાંબાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ કે જેથી બન્ને બીમ એક સરખા મજબુત થાય.

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$1 : 1 :: \frac{4 \times 7 \times 7}{14} : \frac{6 \times 4 \times 4}{l}$$

$$\therefore \frac{6 \times 4 \times 4}{l} = \frac{4 \times 7 \times 7}{14}$$

$$\therefore l = \frac{6 \times 4 \times 4 \times 14}{4 \times 7 \times 7} = 21.04 \text{ ફુટ}$$

દાખલો ૧૧.—એક બીમ જે ૪ ઇંચ સમચોરસ છે અને ૬ ફુટ લાંબો છે તે ૬૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે, તો તેવીજ રીતે ટેકવેલા પણ ૮ ઇંચ પહોળા અને ૨૪ ફુટ લાંબા બીમ કે જેની ઉપર ૨ ટનનું વજન ટેકવવાનું છે તેની ઊંડાઈ નક્કી કરો.

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$૬૦૦ : ૨ \times ૨૨૪૦ :: \frac{૪ \times ૪ \times ૪}{૬} : \frac{૮ \times D^2}{૨૪}$$

$$\therefore \frac{૬૦૦ \times ૮ \times D^2}{૨૪} = \frac{૨ \times ૨૨૪૦ \times ૪ \times ૪ \times ૪}{૬}$$

$$\therefore ૬૦૦ \times ૮ \times D^2 \times ૬ = ૨૪ \times ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૪ \times ૪ \times ૪$$

$$\therefore D^2 = \frac{૨૪ \times ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૪ \times ૪ \times ૪}{૬૦૦ \times ૮ \times ૬}$$

$$= ૨૮૮.૯૩$$

$$\therefore D = \sqrt{૨૮૮.૯૩} = ૧૫.૪૫૭ \text{ ઇંચ}$$

દાખલો ૧૨.—એક ખીમ ૧ ઇંચ પહોળો, ૧ ઇંચ ઉંડા અને ૧૨ ઇંચ લાંબો છે અને તે મધ્યમાં લાંબાં ૩૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે, તો તેવીજ રીતે લાંબા ૬ ઇંચ ઉંડા અને ૧૨ ફુટ લાંબા ખીમની પહોળાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ કે જેથી તે મધ્યમાં ૧૩ ટનનું વજન ખમી શકે.

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$૩૦૦ : ૧.૫ \times ૨૨૪૦ :: \frac{૧ \times ૧ \times ૧}{૧૨} : \frac{B \times ૬ \times ૬}{૧૨ \times ૧૨}$$

$$\therefore \frac{૩૦૦ \times B \times ૬ \times ૬}{૧૨ \times ૧૨} = \frac{૧.૫ \times ૨૨૪૦}{૧૨}$$

$$\therefore ૩૦૦ \times B \times ૬ \times ૬ \times ૧૨ = ૧૨ \times ૧૨ \times ૧.૫ \times ૨૨૪૦$$

$$\therefore B = \frac{૧૨ \times ૧૨ \times ૧.૫ \times ૨૨૪૦}{૩૦૦ \times ૬ \times ૬ \times ૧૨} = ૩.૧૭૩ \text{ ઇંચ}$$

દાખલો ૧૩.—એક ખીમ જે એક ફુટ લાંબો છે અને તેનાં ચોખ્ખાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે તેને જ્યારે બન્ને છેડે ટેકવી મધ્યમાં વજન લાદવામાં આવે છે ત્યારે તે ૪૨૦ પૌંડ વજનથી

લાંબી નય છે, તો એજ પ્રમાણે ટેકવેલો અને લાંબેલો ખીમ જે ૯ ઇંચ પહોળો અને ૧૨ ઇંચ ઉંડો છે તેનું તૂટી જવાનું જોર (થ્રોઈંગ સ્ટ્રોન્થ) શોધો.

ચોખ્ખા ખીમનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ હોવાથી તેની પહોળાઈ ૧ ઇંચ અને ઉંડાઈ ૧ ઇંચ હોવી જોઈએ.

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$૪૨૦ : W_1 :: \frac{૧ \times ૧ \times ૧}{૧} : \frac{૯ \times ૧૨ \times ૧૨}{૨૪}$$

$$\therefore \frac{W_1 \times ૧ \times ૧ \times ૧}{૧} = \frac{૪૨૦ \times ૯ \times ૧૨ \times ૧૨}{૨૪}$$

$$\therefore W_1 = \frac{૪૨૦ \times ૯ \times ૧૨ \times ૧૨}{૨૪} = ૨૨૬૮૦ \text{ પાંડ.}$$

દાખલો ૧૪.—એક કેન્ડીલીવર જે ૧૬ ફુટ લાંબો, ૪ ઇંચ પહોળો અને ૬ ઇંચ ઉંડો છે તે તેને છેડે લાંબેલું ૨ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો તેજ જાતનાં લાકડાંનો બનાવેલો એક ખીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે અને જેની લંબાઈ ૨૦ ફુટ અને પહોળાઈ ૮ ઇંચ છે તે મધ્યમાં ૧૦ ટનનું વજન ખમી શકે તે માટે તેની ઉંડાઈ નક્કી કરો.

પહેલાં કેન્ડીલીવરની બાબતમાં—

$$Wl = \frac{fBD^2}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{fBD^2}{૬l}$$

ખીમ ખીમની બાબતમાં—

$$\frac{W_1 l}{૪} = \frac{fBD^2}{૬l}$$

$$\therefore W_1 = \frac{૪fBD^2}{૬l}$$

$$W : W_1 :: \frac{f BD^2}{\delta l} : \frac{\delta f BD^2}{\delta l}$$

$$:: \frac{BD^2}{l} : \frac{\delta BD^2}{l}$$

$$2 : 10 :: \frac{8 \times 6 \times 6}{15} : \frac{8 \times 2 \times D^2}{20}$$

$$\therefore \frac{2 \times 8 \times 6 \times D^2}{20} = \frac{10 \times 8 \times 6 \times 6}{15}$$

$$\therefore D^2 = \frac{10 \times 8 \times 6 \times 6 \times 20}{15 \times 2 \times 8 \times 6} = 20.124$$

$$\therefore D = \sqrt{20.124} = \underline{4.33 \text{ ઇંચ}}$$

બીજી રીત:—

પહેલાં કેન્ટીલીવરની આબતમાં—

$$W l = \frac{f BD^2}{\delta}$$

$$\therefore 2 \times 2280 \times 15 \times 12 = \frac{f \times 8 \times 6 \times 6}{\delta}$$

$$\therefore f = \frac{2 \times 2280 \times 15 \times 12 \times \delta}{8 \times 6 \times 6} = 34480 \text{ પાંડ.}$$

બીજા બીમની આબતમાં—

$$\frac{W l}{\delta} = \frac{f BD^2}{\delta}$$

$$\therefore \frac{10 \times 2280 \times 20 \times 12}{\delta} = \frac{34480 \times 6 \times D^2}{\delta}$$

$$\therefore D^2 = \frac{10 \times 2280 \times 20 \times 12 \times \delta}{\delta \times 34480 \times 6} = 20.124$$

$$\therefore D = \sqrt{20.124} = \underline{4.33 \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૧૫.—૨૫ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો, અને ૮ ઇંચ ઊંડો એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટકવેલો છે તે તેની આખી લંબાઈએ

સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું ૫ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો ૬ ઇંચ પહોળા અને ૧૨ ઇંચ ઊંડા એક કેન્ટીલીવરની લંબાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ કે જેથી તેને બહારને છેડે લાધેલું પહેલાં જોડલુંજ વજન તે ખમી શકે.

પહેલા બીમની બાબતમાં—

$$\frac{Wl}{4} = \frac{f BD^2}{4}$$

$$\therefore W = \frac{4 f BD^2}{4 l}$$

બીજાં કેન્ટીલીવરની બાબતમાં—

$$W_1 l = \frac{f BD^2}{4}$$

$$\therefore W_1 = \frac{f BD^2}{4 l}$$

$$\therefore W : W_1 :: \frac{4 f BD^2}{4 l} : \frac{f BD^2}{4 l}$$

$$:: \frac{4 BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$4 : 4 :: \frac{4 \times 4 \times 4 \times 4}{24} : \frac{4 \times 12 \times 12}{l}$$

$$\frac{4 \times 4 \times 12 \times 12}{l} = \frac{4 \times 4 \times 4 \times 4}{24}$$

$$\therefore l \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 = 4 \times 4 \times 12 \times 12 \times 24$$

$$\therefore l = \frac{4 \times 4 \times 12 \times 12 \times 24}{4 \times 4 \times 4 \times 4}$$

$$= \underline{\underline{66 \text{ ફુટ.}}}$$

બીજી રીત:—

પહેલા બીમની બાબતમાં—

$$\frac{Wl}{L} = \frac{f BD^2}{\epsilon}$$

$$\frac{4 \times 2280 \times 24 \times 12}{L} = \frac{f \times 4 \times 6 \times 6}{\epsilon}$$

$$\therefore f = \frac{4 \times 2280 \times 24 \times 12 \times \epsilon}{L \times 4 \times 6 \times 6}$$

$$= 4222.2 \text{ પૌંડ.}$$

બીજાં કેન્ટીલીવરની બાબતમાં—

$$Wl = \frac{f BD^2}{\epsilon}$$

$$4 \times 2280 \times l' \times 12 = \frac{4222.2 \times \epsilon \times 12 \times 12}{\epsilon}$$

$$\therefore l' = \frac{4222.2 \times \epsilon \times 12 \times 12}{\epsilon \times 4 \times 2280 \times 12}$$

$$= 6.6 \text{ ફુટ.}$$

દાખલો ૧૬.—એક બીમ ૧૨ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો, અને ૭ ઇંચ ઊંડો છે, અને તેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે, તો એક ટેકાથી ૫ ફુટ દુર તે કેટલું વજન ખમી શકશે તે જોવા.  $f = 42$  ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૨૦ પૌંડ.

$$R \times 12 = W \times 9$$

$$\therefore R = \frac{9W}{12}$$

$$W \text{ આગળનું } B. M. = R \times 4 \times 12$$

$$= \frac{9W}{12} \times 4 \times 12$$

$$= 36 W \text{ ઇંચ-પૌંડ.}$$



પણ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ

$$૩૫ W = \frac{f BD^2}{૬}$$

$$૩૫ W = \frac{૧૦૨૦ \times ૫ \times ૭ \times ૭}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{૧૦૨૦ \times ૫ \times ૭ \times ૭}{૬ \times ૩૫}$$

$$= ૧૧૮૦ \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૧૭.—એક ચોખ્ખુ છદયિત્રનો ધડતર લોહાંનો બીમ ૫ ઇંચ ઊંડો અને ૩ ઇંચ પહોળો છે, અને તેની લંબાઈ ૬ ફુટ છે, તો મધ્યમાં તે બીમ કેટલું વજન ખમી શકશે.  $f = ૬૨$  ચોરસ ઇંચ ફીટ ૩ ટન છે.

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{f BD^2}{૬}$$

$$\frac{W \times ૬ \times ૧૨}{૪} = \frac{૩ \times ૨૨૪૦ \times ૩ \times ૫ \times ૫}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{૩ \times ૨૨૪૦ \times ૩ \times ૫ \times ૫ \times ૪}{૬ \times ૬ \times ૧૨}$$

$$= ૪૬૬૬.૬ \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૧૮.—૫ ફુટ દુર આવેલા ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલી ધડતર લોહાંની એક શાફ્ટ તેનાં મધ્યમાં લાધેલો ૨ ટનનો લોડ ખમી શકે છે. જો શાફ્ટનો વ્યાસ ૪ ઇંચ હોય તો વળી જવાનાં કાર્યને લીધે તે શાફ્ટ ઉપર આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ કેટલું હશે? શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

$$\text{વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ} = \frac{f \pi D^3}{૩૨}$$

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{f \pi D^3}{૩૨}$$

$$\frac{૨ \times ૫ \times ૧૨}{૪} = \frac{f \times ૩.૧૪૧૬ \times ૪ \times ૪ \times ૪}{૩૨}$$

$$f = \frac{2 \times 4 \times 12 \times 32}{8 \times 3.1416 \times 8 \times 8 \times 8}$$

$$= 8.07 \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

**દાખલો ૧૯.**—દાખલા ૧૭માં બન્ને ટેકા વચ્ચે શાફ્ટનું વજન ૨૧૦ પૌંડ છે, તો શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેતાં તે શાફ્ટ ઉપર વધુમાં વધુ એસ કેટલું હશે?

શાફ્ટનું વજન મધ્યમાં કાર્ય કરશે.

∴ મધ્યમાં કાર્ય કરતો કુલ લોડ =  $2 + \frac{210}{32} = 2.06375$  ટન.

$$\frac{Wl}{8} = \frac{f \pi D^3}{32}$$

$$\frac{2.06375 \times 4 \times 12}{8} = \frac{f \times 3.1416 \times 8 \times 8 \times 8}{32}$$

$$\therefore f = \frac{2.06375 \times 4 \times 12 \times 32}{8 \times 3.1416 \times 8 \times 8 \times 8} = 8.07 \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ}$$

**દાખલો ૨૦.**—એક ચોખ્ખા છેદચિત્રનો ખીમ ૩ ઇંચ પહોળો, ૪ ઇંચ ઊંડો, અને ૯ ફુટ લાંબો છે, અને તેને બન્ને છેડે ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો છે. આ ખીમ ૩૦૦૦ પૌંડનું વજન મધ્યમાં લાધવાથી તૂટી જાય છે, તો ૩ ઇંચ પહોળો, ૬ ઇંચ ઊંડો, અને ટેકાઓ વચ્ચે ૬ ફુટ લાંબો ખીમ એક છેડેથી ૨ ફુટ દુર લાંબલાં કેટલાં વજન વડે તૂટી જશે?

પહેલા ખીમની બાબતમાં

$$\frac{Wl}{8} = \frac{fBD^3}{6}$$

$$\frac{3000 \times 6 \times 12}{8} = \frac{f \times 3 \times 4 \times 4}{6}$$

$$\therefore f = \frac{3000 \times 6 \times 12 \times 6}{8 \times 3 \times 4 \times 4}$$

$$= 4050 \text{ પૌંડ.}$$

બીજા બીમની બાબતમાં—

$$R \times ૬ = W \times ૪$$

$$\therefore R = \frac{૪}{૬} W$$

$$\begin{aligned} W \text{ આગળનું } B. M. &= R \times ૨ \times ૧૨ \\ &= \frac{૪}{૬} W \times ૨ \times ૧૨ \\ &= ૧૬ W \text{ ઇંચ પૌંડ} \end{aligned}$$

$$૧૬ W = \frac{f BD^2}{૬}$$

$$૧૬ W = \frac{૬૭૫૦ \times ૩ \times ૬ \times ૬}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{૬૭૫૦ \times ૩ \times ૬ \times ૬}{૬ \times ૧૬} = \underline{\underline{૭૫૮૩.૭૫ \text{ પૌંડ}}}$$

**દાખલો ૨૨.**—એક લાકડાંના બીમનો એક છેડો દીવાલમાં ચણી લીધો છે અને દીવાલથી ૮ ફૂટ જેટલો તે બહાર નીકળેલો છે. આ બીમની પહોળાઈ ૬ ઇંચ છે, તો તેની લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચાયેલું ૧૪૦૦ પૌંડનું વજન નિર્ભય રીતે ખમી શકવાને તેની ઉંડાઈ કેટલી જોઈશે? એમ માની લેવાનું છે કે એક લાકડાંનો બીમ ૧ ફૂટ લાંબો, ૧ ઇંચ પહોળો અને ૧ ઇંચ ઉંડો હોય અને તેનો એક છેડો સજ્જડ કરી બીજો છેડો વજન લાધ્યું હોય તો તેવો બીમ ૧૪૦ પૌંડના વજનથી લાંગી જશે, અને સલામતી સાથે લઈ શકાતો (સેફ) લોડ તોડી નાખનારા (એક્સોગ) લોડનાં  $\frac{૧}{૬}$  જેટલો છે.

$$\text{બીજા બીમમાં સેફ લોડ} = \frac{૧૪૦}{૬} \text{ પૌંડ}$$

$$\therefore \text{સેફ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = Wl = \frac{૧૪૦ \times ૧૨}{૬}$$

$$\therefore \frac{૧૪૦ \times ૧૨}{૬} = \frac{f BD^2}{૬}$$

$$\therefore \frac{180 \times 12}{6} = \frac{f \times 1 \times 1 \times 1}{6}$$

$$\therefore f = \frac{180 \times 12 \times 6}{6}$$

$$= 1260 \text{ પાઉન્ડ}$$

$$\text{પહેલા બીમમાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \frac{Wl}{2} = \frac{1800 \times 6 \times 12}{2}$$

$$\therefore \frac{1800 \times 6 \times 12}{2} = \frac{fBD^2}{6}$$

$$\therefore \frac{1800 \times 6 \times 12}{2} = \frac{1260 \times 6 \times D^2}{6}$$

$$\therefore D^2 = \frac{1800 \times 6 \times 12 \times 6}{2 \times 1260 \times 6} = 80$$

$$\therefore D = \sqrt{80}$$

$$= 8.944 \text{ ઇંચ}$$

**દાખલો ૨૨.**—એક બીમ જેનાં છેદચિત્રનો આકાર I જેવો છે તે ટેકાઓ વચ્ચે ૧૦ ફુટ લાંબો છે તથા તેની ઉંચાઈ ૬ ઇંચ છે અને બન્ને ફ્લેન્જની પહોળાઈ ૩ ઇંચ છે. ધાતુની જડાઈ  $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે. આ બીમ ઉપર સ્પેન (span)નાં મધ્યમાં એક વજન લાધવાનું છે. જો વળી જવાને લીધે આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટનથી વધુ લેવાનું ન હોય તો આ વજન શોધો.

I આકારના બીમનાં છેદચિત્રનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ એટલે વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ  $= fBD^2$  છે, એમાં  $D =$  બન્ને ફ્લેન્જ વચ્ચેનું ફ્લેન્જની જડાઈનાં મધ્યથી મધ્ય સુધીનું અંતર છે, સારે  $D = 6 - \frac{1}{2} = 5\frac{1}{2}$  ઇંચ.

આ બીમને બન્ને છેડે ટેકવી તેનાં મધ્ય આગળ વજન લાધવાનું છે, માટે

$$\text{વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \frac{Wl}{4}$$

$$\therefore \frac{Wl}{8} = f \text{BTD.}$$

$$\frac{W \times 10 \times 12}{8} = 4 \times 3 \times .4 \times 4.4$$

$$\therefore W = \frac{4 \times 3 \times .4 \times 4.4 \times 8}{10 \times 12}$$

$$= 1.394 \text{ ટન.}$$

દાખલો ૨૩.—એક ગર્ડર (girder) જેનો સ્પેન (એટલે ટેકાઓ વચ્ચેની લંબાઈ) ૬૦ ફુટ છે અને જેનું વજન ૩ ટન છે તેને બન્ને છેડેથી ટેકવેલો છે. એક છેડેથી બીમની ૨૦ ફુટ લંબાઈ ઉપર દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૧ ટનનું વજન સરખી રીતે વહેંચેલું છે, તો દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ શોધો. વળી ગર્ડરનાં સ્પેનનાં મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો. જો ગર્ડરની ઉંડાઈ (ઉંચાઈ) ફ્લેન્જની જડાઈનાં મધ્યથી મધ્ય સુધી ૬ ફુટ હોય અને લેવા દેવામાં આવતું સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન હોય તો બીમનાં મધ્ય આગળ દરેક ફ્લેન્જનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ શોધો.

ધારો કે ડાબા હાથ તરફના ટેકાથી બીમની ૨૦ ફુટ લંબાઈ ઉપર સમાન રીતે વહેંચીને વજન લાદેલું છે જે ૨૦ ટન છે. આ વજન ૨૦ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે, એટલે ડાબા હાથ તરફના ટેકાથી ૧૦ ફુટ દુર કાર્ય કરે છે.

બીમનું પોતાનું વજન ૩ ટન છે જે બીમની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

ધારો કે,  $R$  = ડાબા હાથ તરફના ટેકા ઉપરનું દબાણ,

અને  $R_1$  = જમણા હાથ તરફના ટેકા ઉપરનું દબાણ.

$$R \times 60 = 20 \times 40 + 3 \times 30$$

$$= 1000 + 90 = 1090$$

$$\therefore R = \frac{1090}{60} = 18.166 \text{ ટન.}$$

$$R_1 = 23 - 18.166 = 4.834 \text{ ટન.}$$

મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધવા માટે બીમનાં મધ્યની ડાબી બાજુ તરફનાં જોરો નીચે પ્રમાણે છે:—

પહેલું, ડાબા ટેકા ઉપરનું પ્રતિકાર્ય જે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરે છે અને તેનો લીવરેજ ૩૦ ફુટ છે.

બીજું, ૨૦ ટનનું સરખી રીતે વહેંચાયેલું વજન જે નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે અને તેનો લીવરેજ ૨૦ ફુટ છે.

ત્રીજું, બીમની અર્ધી લંબાઈનું પોતાનું વજન જે બીમની અર્ધી લંબાઈનાં મધ્યમાં નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે અને તેનો લીવરેજ ૧૫ ફુટ છે.

$$\begin{aligned}\text{ત્યારે, મધ્ય આગળનું B.M.} &= ૧૮ \cdot ૧૬૬ \times ૩૦ - ૨૦ \times ૨૦ - ૧ \cdot ૫ \times ૧૫ \\ &= ૫૪૪ \cdot ૯૮ - ૪૦૦ - ૨૨ \cdot ૫ \\ &= ૫૪૪ \cdot ૯૮ - ૪૨૨ \cdot ૫ \\ &= ૧૨૨ \cdot ૪૮ \text{ ટન-ફુટ.}\end{aligned}$$

દરેક ફલેંજ ઉપરનું એસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ  $f = ૪$  ટન છે.

ફલેંજનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં  $= B \times T = A$  છે.

ત્યારે બીમનાં મધ્યનાં છેદચિત્ર આગળ વળી જવાની સામે કાર્ય કરતું મોમેન્ટ  $= f AD' = ૮૧-૫૮$  જે બેન્ડીંગ મોમેન્ટની બરાબર છે.

$$\therefore ૧૨૨ \cdot ૪૮ = f AD'$$

$$૧૨૨ \cdot ૪૮ = ૪ \times A \times ૬$$

$$\therefore A = \frac{૧૨૨ \cdot ૪૮}{૪ \times ૬} = ૫ \cdot ૧ \text{ ચોરસ ઇંચ.}$$

**દાખલો ૨૪.**—એક નક્કર ગોળાકાર છેદચિત્રના બીમનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. એક પોક્કળ ગોળાકાર છેદચિત્રના બીમનો બહારનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે. તો નક્કર બીમનાં ધાતુનાં છેદચિત્ર જેટલુંજ પોક્કળ બીમનાં ધાતુનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ મેળવવા માટે પોક્કળ બીમનો અંદરનો વ્યાસ શોધો. વળી વાંકા વળી જવાની સામે થતાં નક્કર બીમનાં છેદચિત્રનાં મોમેન્ટને ૧ તરીકે લઈ પોક્કળ બીમનાં છેદચિત્રનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ શોધો.

નક્કર બીમનું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ = પોકળ બીમનું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ

$$D^2 \times 0.7854 = 0.7854 (D^2 - d^2)$$

$$\therefore D^2 = D^2 - d^2$$

$$6 \times 6 = (8 \times 8) - d^2$$

$$36 = 64 - d^2$$

$$\therefore d^2 = 64 - 36 = 28$$

$$\therefore d = \sqrt{28} = 5.29 \text{ ઇંચ}$$

$$\text{નક્કર બીમનાં છેદચિત્રનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ} = \frac{f \pi D^3}{32}$$

$$\text{પોકળ બીમનાં છેદચિત્રનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ} = \frac{f \pi (D^4 - d^4)}{32 D}$$

$$\frac{f \pi D^3}{32} : \frac{f \pi (D^4 - d^4)}{32 D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$D^3 : \frac{D^4 - d^4}{D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$6^3 : \frac{8^4 - 5.29^4}{D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$216 : \frac{4096 - 783.19}{D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$216 : \frac{3312.81}{D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$\therefore \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ} = \frac{3312.81}{8 \times 216} = 1.917$$

**દાખલો ૨૫.**—એક સ્ટીલ જોઈન્ટ (Joint) ની કુલ ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઈ ૧૮ ઇંચ છે; ફ્લેન્જસ ૭ ઇંચ પહોળા અને ૮૪ ઇંચ જાડા છે; વેબ ૫૫ ઇંચ જાડા છે; તો તેનાં છેદચિત્રનો ગુણક એટલે મોડ્યુલસ  $Z$  ઇંચમાં ચોક્કસ ખરા નિયમ વડે શોધો, અને વળી અડસ્તે ખરા નિયમ વડે શોધો.

ચેક્કસ ખરા નિયમ:—

$$\text{મોડ્યુલસ } Z = \frac{BD^3 - bd^3}{6 D}$$

$$b = ૭ - ૦.૫૫ = ૬.૪૫ \text{ ઇંચ.}$$

$$d = ૧૮ - ૦.૮૪ - ૦.૮૪ = ૧૬.૧૨ \text{ ઇંચ.}$$

$$\begin{aligned} \text{મોડયુલસ } Z &= \frac{BD^3 - bd^3}{૬D} \\ &= \frac{૭ \times (૧૮)^3 - ૬.૪૫ \times (૧૬.૧૨)^3}{૬ \times ૧૮} \\ &= \frac{૪૦૮૨૪ - ૨૭૦૧૮.૧}{૧૦૮} = \frac{૧૩૮૦૫.૬}{૧૦૮} \\ &= \underline{૧૨૭.૮૩.} \end{aligned}$$

અડસતે ખરો નિયમ :—

$$\text{મોડયુલસ } Z = AD = BTD$$

$$B = ૭ \text{ ઇંચ, } T = ૦.૮૪ \text{ ઇંચ, અને}$$

$$D = ૧૮ - ૦.૮૪ = ૧૭.૦૬ \text{ ઇંચ.}$$

$$\text{મોડયુલસ } Z = BTD$$

$$= ૭ \times ૦.૮૪ \times ૧૭.૦૬ = \underline{૧૧૨.૨૫૫}$$

### એકસર્સાઈઝ ૭મી.

૧. સમાન છેદચિત્રનો એક લાકડાનો બોમ ૧૬ ફુટ લાંબો છે તો ૨૦૦૦ ફુટ-પૉંડનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ઉત્પન્ન કરવા માટે નીચે મુજબની સ્થિતિમાંની દરેકમાં કેટલું વજન મુકવું જોઈએ:—

- (૧) એક છેડે સળંગ કરેલો અને બીજે છેડે વજન લાધેલું.
- (૨) એક છેડો સળંગ કરેલો અને આખી લંબાઈએ સરખી વહેંચીને વજન લાધેલું.
- (૩) દરેક છેડે ટેકવેલો અને મધ્યમાં વજન લાધેલું.
- (૪) દરેક છેડે ટેકવેલો અને આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.
- (૫) દરેક છેડે સળંગ કરેલો અને મધ્યમાં વજન લાધેલું.
- (૬) દરેક છેડે સળંગ કરેલો અને આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.



૨. એક કેન્ટીલીવર ૧૦ ફુટ લાંબો છે અને બહારને છેડે ૩ ટનનું વજન લાધેલું છે, તથા ૧.૫ ટનનું વજન તેની આખી લંબાઈએ એક સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૩. એક કેન્ટીલીવર ૧૬ ફુટ લાંબો છે અને તેની લંબાઈએ દરેક ચાર ચાર ફુટને અંતરે ૬ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તો જ્યાં દરેક વજન લાધવામાં આવ્યું હોય ત્યાં આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૪. એક બીમ જેને દરેક છેડે ટેકવેલો છે અને ટેકાઓ વચ્ચેની લંબાઈ એટલે સ્પેન ૨૦ ફુટ છે તે ઉપર તેનાં મધ્યમાં ૨ ટનનું વજન અને દરેક ટેકાથી ૫ ફુટ દુર એક ટનનાં વજનો લાધેલાં છે. તો દરેક વજન આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો અને સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૫. ૨૪ ફુટ લાંબા બીમને દરેક છેડે ટેકવેલો છે, અને તે ઉપર એકજ છેડેથી ૨ ફુટ, ૧૬ ફુટ, ૮ ફુટ, અને ૨૦ ફુટનાં અંતરે અનુક્રમે ૨, ૬, ૪, અને ૧૦ હંડ્રેડવેટનાં વજનો લાધેલાં છે, તો આ દરેક બિંદુ આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૬. એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે તેની ટેકાઓ વચ્ચેની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે અને ૨૪૦૦ પાઉન્ડનાં વજનને તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ અને દરેક છેડાથી ૩ ફુટ દુર આવેલાં બિંદુ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૭. ૧૮ ફુટ લાંબા એક બીમને બન્ને છેડે ટેકવી ૪ ટનનું વજન તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો એક છેડાથી ૩ ફુટ, ૧૦ ફુટ અને ૧૫ ફુટ દુર આવેલાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ અને વળી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૮. એક બીમ જેના બન્ને છેડા દીવાલમાં ચણી લીધા છે અને જેની લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે તેનાં મધ્યમાં ૬ ટનનું વજન લાધેલું છે, તો સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૯. ૩૦ ફુટ લાંબા બીમના બન્ને છેડા દીવાલમાં ચણી લઈ સજ્જડ કરેલા છે અને તે ઉપર ૪ ટનનું વજન આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો મધ્ય અને છેડાઓ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વળી સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૧૦. એકજ નતનાં પદાર્થમાંથી બનાવેલા બે બીમની પહોળાઈ અનુક્રમે ૮ ઇંચ અને ૧૨ ઇંચ છે, અને ઉંડાઈ ૧૨ ઇંચ અને ૮ ઇંચ છે, તો તેમનાં સંબંધી જોરો શોધો.

૧૧. એકજ નતનાં લાકડાના બનાવેલા બે બીમને દરેક છેડેથી ટેકવેલો છે જેમાંના એક બીમ ૨૪ ફુટ લાંબો, ૧૦ ઇંચ પહોળો અને ૧૨ ઇંચ ઉંડો છે, અને બીજો બીમ ૧૨ ફુટ લાંબો, ૮ ઇંચ પહોળો અને ૧૦ ઇંચ ઉંડો છે, તો કયો બીમ મધ્યમાં વધુ વજન ખમી શકશે ? જો પહેલો બીમ મધ્યમાં લાધેલું ૬ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો બીજો બીમ મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે ?

૧૨. એક ચોખ્ખાણુ છેદચિત્રના બીમને દરેક છેડે ટેકવેલો છે, અને તેની પહોળાઈ ૬ ઇંચ અને ઉંડાઈ ૧૦ ઇંચ છે. આ બીમ મધ્યમાં લાધેલું ૪ ટનનું વજન ખમી શકે છે. તો એવીજ રીતે ટેકવેલા અને સરખી લંબાઈના ગોળ છેદચિત્રવાળા બીમનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ કે જેથી તે મધ્યમાં તેટલુંજ વજન ખમી શકે.

૧૩. ૧૨ ઇંચ લાંબો અને એક ઇંચ ચોરસ છેદચિત્રનો એક બીમ ૩૦૦ પાઉનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ પદાર્થના બનાવેલા બીમ બીમ જેની લંબાઈ ૧૪ ફુટ અને ઉંચાઈ ૭ ઇંચ છે તેની પહોળાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ કે જેથી તે ૨ ટનનું વજન તેવીજ રીતે સલામતી સાથે ખમી શકે.

૧૪. એક ખીમ ૧૬ ફુટ લાંબો, ૫ ઈંચ પહોળો અને ૧૦ ઈંચ ઉંડો છે. ખીજો ખીમ ૧૮ ફુટ લાંબો અને ૮ ઈંચ પહોળો છે; તો આ ખીમની ખીમની ઉંડાઈ કેટલી હોવી જોઈએ કે જેથી બન્ને ખીમો એક સરખા જોરના થાય.

૧૫. દાખલા ૧૪માંનો પહેલો ખીમ સલામતી સાથે ૧ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો ખીજો ખીમ ૪ ટનનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે તે માટે તેની ઉંડાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ ?

૧૬. એક ખીમ જેનાં ચોખ્ખાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઈંચ છે અને લંબાઈ ૧ ફુટ છે તે ૨૭૦ પૌંડનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો ખીજો ખીમ જે ૮ ઈંચ પહોળો અને ૨૪ ફુટ લાંબો છે તે ૮ ટનનું વજન તેવીજ રીતે સલામતી સાથે ખમી શકે તે માટે તેની ઉંડાઈ કેટલી હોવી જોઈએ ?

૧૭. એક ખીમ ૧૬ ફુટ લાંબો, ૪ ઈંચ પહોળો અને ૮ ઈંચ ઉંડો છે. ખીજો ખીમ ૬ ઈંચ પહોળો અને ૧૦ ઈંચ ઉંડો છે, તો આ છેલ્લા ખીમની લંબાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ કે જેથી બન્ને ખીમ એક સરખા મજબુત થાય.

૧૮. એક ખીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે અને જે ૫ ફુટ લાંબો,  $2\frac{1}{2}$  ઈંચ પહોળો અને ૪ ઈંચ ઉંડો છે તે તેનાં મધ્ય આગળ લાધેલા ૩૫૦૦ પૌંડનાં વજનથી તૂટી જાય છે. જો તેવાજ ખીમની લંબાઈ ૬ ફુટ, પહોળાઈ ૩ ઈંચ અને ઉંડાઈ ૫ ઈંચ હોય, તો તે ઉપર તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલાં કેટલાં વજનથી તે લાંગી જશે ?

૧૯. એક કેન્ટીલીવર જે ૧૨ ફુટ લાંબો, ૩ ઈંચ પહોળો અને ૫ ઈંચ ઉંડો છે તે તેને છેડે લાધેલું ૧૨૦૦ પૌંડનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ જાતનો લાકડાંનો બનાવેલો એક ખીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે અને જેની લંબાઈ ૨૨ ફુટ અને ઉંડાઈ ૯ ઈંચ છે તે મધ્યમાં ૮ ટનનું વજન ખમી શકે તે માટે તેની પહોળાઈ નક્કી કરો.

૨૦. ૧૮ ફુટ લાંબો, ૪ ઇંચ પહોળો અને ૭ ઇંચ ઊંડો એક ખીમ જોને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે તે તેનાં મધ્યમાં ૬ ટનનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો ૫ ઇંચ પહોળો અને ૯ ઇંચ ઊંડો એક કેન્ડીલીવરની લંબાઇ કેટલી રાખવી જોઇએ કે જેથી તેની આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું પહેલાં જેટલુંજ વજન તે ખમી શકે.

૨૧. એક ખીમ જે ૧૫ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો અને ૮ ઇંચ ઊંડો છે તેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે, તો એક ટેકાથી ૬ ફુટ દુર તે કેટલું વજન ખમી શકશે તે શોધો.  $f = ૬૨$  ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ ટન છે.

૨૨. એક ચોખ્ખું છેદચિત્રનો ઘડતર લોહાનો ખીમ ૪ ઇંચ પહોળો અને ૭ ઇંચ ઊંડો છે અને તેની લંબાઇ ૮ ફુટ છે, તો મધ્યમાં તે ખીમ કેટલું વજન ખમી શકશે?  $f = ૬૨$  ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન છે.

૨૩. દાખલા ૨૨માં આપેલા ખીમને એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે કે જેથી તેની પહોળાઈ ઊંડાઇ બંને અને બંને ઊંડાઇ પહોળાઇ બંને, તો તે મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે?

૨૪. એક કેન્ડીલીવર ૬ ફુટ લાંબો અને ૮ ઇંચ ઊંડો છે અને તેને ૨૦૦૦ પૌંડનું વજન લાધેલું છે. એમ આપેલું છે કે ૬ ઇંચ લાંબા અને એક ઇંચ ચોરસ કેન્ડીલીવરને છેડે ૨૫૦ પૌંડનું વજન મુકવાથી તે તૂટી જાય છે, તો પહેલાં કેન્ડીલીવરની પહોળાઇ શોધો. વળી જ્યારે પહેલાં કેન્ડીલીવર ઉપર ૧૬૦૦ પૌંડનું વજારાનું વજન સરખી રીતે વહેંચીને લાધવામાં આવે ત્યારે તે કેન્ડીલીવરની પહોળાઇ કેટલી રાખવી જોઇએ તે શોધો. દરેક બાબતમાં ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૪ છે.

૨૫. એક ખીમ ૨૦ ફુટ લાંબો છે જે મધ્યમાં ૧૦૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે. જો આ વજનને બદલે પાંચ પાંચ ફુટને અંતરે IV પૌંડનાં ત્રણ વજનો મુકવામાં આવે તો IV શોધો કે જેથી ખીમ ઉપર વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ પહેલાંનાં જેટલુંજ આવે.

૨૬. એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટને ૬ ફુટનાં અંતરે આવેલા ટેકાઓ ઉપર ગાઢવેલી છે અને મધ્યમાં ૩ ટનનો લોડ તે ખમી શકે છે. જો શાફ્ટનો વ્યાસ ૫ ઇંચ હોય તો વળી જવાનાં કાર્યને લીધે તે શાફ્ટ ઉપર આવતું વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ કેટલું હશે? શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

૨૭. દાખલા ૨૬માં બનને ટેકા વચ્ચે શાફ્ટનું વજન ૩૦૦ પૌંડ હોય, તો શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેતાં તે શાફ્ટ ઉપર વધુમાં વધુ સ્ત્રેસ કેટલું હશે?

૨૮. ૮ ફુટ લાંબો અને ૩ ઇંચ સમચોરસ છેદચિત્રનો એક બીમ તેનાં મધ્યમાં ૮૦૦ પૌંડનાં વજનથી તૂટી જાય છે. આ બીમનાં જોવાંજ લાકડાંના બનાવેલા બે કેન્ડીલીવર જેની લંબાઈ ૫ ફુટ અને ઉંડાઈ ૮ ઇંચ છે તે ઉપર એક ટાંકી જેમાં ૩ ટન વજનનું પાણી ભરેલું છે તે ટેકવેલી છે, તો આ કેન્ડીલીવરની પહોળાઈ શોધો?

૨૯. એક ચોખ્ખું છેદચિત્રનો બીમ ૨ ઇંચ પહોળો, ૪ ઇંચ ઉંડો અને ૮ ફુટ લાંબો છે અને તેને દરેક છેડે ટેકવેલો છે. આ બીમ ૨૮૦૦ પૌંડનું વજન તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાઘવાથી તૂટી જાય છે, તો તેજ પદાર્થનો બનાવેલો ૪ ઇંચ પહોળો, ૭ ઇંચ ઉંડો અને ટેકાઓ વચ્ચે ૧૦ ફુટ લાંબો બીમ એક છેડેથી ૪ ફુટ દુર લાઘલાં કેટલાં વજન વડે તૂટી જશે?

૩૦. એક ગોળ બારને બીમ તરીકે વાપરવાનો છે, ટેકાઓ વચ્ચે તે બારની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે, તો એક ટેકાથી ૫ ફુટને અંતરે ૨ ટનનું વજન ખમી શકવા માટે તે બારનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ તે શોધો.  $f = ૬૨$  ચો. ઇંચ દીઠ ૪ ટન છે.

૩૧. એક લાકડાંનો કેન્ડીલીવર દીવાલથી ૬ ફુટ જેટલો બહાર નીકળેલો છે. આ લીવરની ઉંડાઈ ૫ ઇંચ છે, તો તેને છેડે ૪૦૦ પૌંડનું વજન નિર્ભય રીતે ખમી શકવાને તેની પહોળાઈ કેટલી જોઈશે? એમ આપેલું છે કે એક લાકડાંનો

કેન્ડીલીવર ૧ ફુટ લાંબો, ૧ ઇંચ પહોળો અને ૧ ઇંચ ઉંડો હોય અને તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધ્યું હોય તો તેવો કેન્ડીલીવર ૧૫૦ પૌંડનાં વજનથી લાંબી જશે. ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૮ છે.

૩૨. બન્ને છેડે ટેકવેલા એક બીમની પહોળાઈ B ઇંચ અને ઉંડાઈ D ઇંચ છે, અને મધ્યમાં તે W પૌંડનું વજન ખમી શકે છે. જો W ને મધ્ય અને છેડા વચ્ચે અર્ધ અંતરે ખસેડવામાં આવે તો D કેટલો ઓછો કરી શકાય ?

૩૩. એક બીમ જેનાં છેદચિત્રનો આકાર I જેવો છે તે ટેકાઓ વચ્ચે ૧૨ ફુટ લાંબો છે. આ બીમની કુલ ડિયાઈ ૮ ઇંચ છે અને બન્ને ફ્લેન્જની પહોળાઈ ૪ ઇંચ છે. ધાતુની ગડાઈ ૩ ઇંચ છે આ બીમ ઉપર તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધવાનું છે. જો વળી જવાને લીધે આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન લેવાનું હોય તો આ વજન શોધો.

૩૪. એક બીમ જેનાં છેદચિત્રનો આકાર I જેવો તે ૨૫ ફુટ લાંબો છે અને તેને દરેક છેડે ટેકવેલો છે. બીમની ઉંડાઈ ૧૫ ઇંચ છે તથા તેનાં મથાળાં અને તળીયાંની ફ્લેન્જની પહોળાઈ ૬ ઇંચ અને ગડાઈ ૩ ઇંચ છે. જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટનનું સ્ટ્રેસ લેવા દેવામાં આવે તો તે બીમ પોતાનાં મધ્ય આગળ લાંબાં કેટલાં વજન ખમી શકશે ? બીમનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

૩૫. દાખલા ૩૪માં આપેલા બીમનું વજન જો દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૬૪ પૌંડ હોય તો તે બીમ મધ્યમાં લાંબાં કેટલાં વજન ખમી શકશે ?

૩૬. એક ગર્ડર જેનો સ્પેન ૫૦ ફુટ છે અને વજન ૨ ટન છે તેને બન્ને છેડેથી ટેકવેલો છે. એક છેડેથી બીમની ૧૫ ફુટ લંબાઈ ઉપર દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૩ ટનનું વજન સરખી રીતે

વહેંચીને લાધેલું છે, તો દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ શોધો. વળી ગર્ડરનાં રપેનનાં મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો. જો ગર્ડરની ઉંડાઈ ફ્લેન્જની જાડાઈનાં મધ્યથી મધ્ય સુધી ૫ ફુટ હોય અને લેવા દેવામાં આવતું સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩ ટન હોય તો ખીમનાં મધ્ય આગળ દરેક ફ્લેન્જનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ શોધો.

૩૭. એક સ્ટીલના રોલ્ડ બેંધસ્ટીનો ઉપયોગ કેન્ટીલીવર તરીકે કરેલો છે. દીવાલથી બહાર નીકળેલી તે બેંધસ્ટીની લંબાઈ ૧૦ ફુટ છે અને ઉંડાઈ ૧૦ ઇંચ છે. દરેક ફ્લેન્જની પહોળાઈ ૫ ઇંચ છે અને જાડાઈ  $\frac{5}{8}$  ઇંચ છે. જો લેવા દેવામાં આવતું સ્ત્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન હોય તો આ કેન્ટીલીવરને છેડે કેટલું વજન લાધી શકાય?

૩૮. એક ઘડતર લોહાંના નક્કર ગોળાકાર છેદચિત્રના ખીમનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે. તેજ ધાતુના એક પોકળ ગોળાકાર છેદચિત્રના ખીમનો બહારનો વ્યાસ ૭ ઇંચ છે. તો નક્કર ખીમની ધાતુનાં છેદચિત્ર જેટલુંજ પોકળ ખીમની ધાતુનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ મેળવવા માટે પોકળ ખીમનો અંદરનો વ્યાસ શોધો. જો બન્ને ખીમોને ૨૦ ફુટને અંતરે આવેલા ટેકાઓ ઉપર ટેકવવામાં આવે અને નક્કર ખીમ પોતાનાં મધ્યમાં ૫ ટનનું વજન ખમી શકે, તો પોકળ ખીમ પોતાનાં મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે?  $f =$  દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન છે.

૩૯. એક ખીડો કેન્ટીલીવર જેની લંબાઈ ૧ ઇંચ, પહોળાઈ ૧ ઇંચ, અને ઉંડાઈ ૧ ઇંચ છે તે પોતાને છેડે લાધેલાં ૩૦ હંડ્રેડવેટનાં વજન વડે લાંગી જાય છે, તો તેજ ધાતુનો એક કેન્ટીલીવર જેની

પહોળાઈ ૩ ઇંચ, ઉંડાઈ ૨ ઇંચ, અને લંબાઈ ૧૨ ઇંચ છે તે પોતાને છેડે કેટલું વજન સલામતી સાથે ખમી શકશે? ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૧૨ છે.

૪૦. ૨૪ ઇંચ અંદરના વ્યાસની એક પાઇપને ૩ ઇંચ જાડી માઇલ્ડ સ્ટીલની પ્લેટની બનાવેલી છે અને તે પાણીથી ભરેલી છે. આ પાઇપના છેડાઓ બંધ (blank) ફ્લેન્જથી બંધ કરેલા છે. જો આ પાઇપને તેનાં બન્ને છેડે ટેકવવામાં આવે અને વળી જવાને લીધે આવતું સ્પ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટનથી વધુ લેવાનું ન હોય તો તે પાઇપનો વધુમાં વધુ સ્પેન એટલે ટેકાઓ વચ્ચેનું અંતર કેટલું રાખવું જોઈએ? સ્ટીલનું વજન દર ધનકુટ દીઠ ૦.૨૮ પાઉંડ છે અને પાણીનું વજન દર ધનકુટ દીઠ ૬૨.૫ પાઉંડ છે.



## પ્રકરણ ૮મું

### હાઇડ્રોલીકસ એટલે દ્રવ્યશાસ્ત્ર

દ્રવ પદાર્થ (ફ્લુઇડસ). વિશ્રામ સ્થિતિએ પ્રવાહીને લગતા સિદ્ધાંત. શિરદાખ (હેડ). પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણનાં તળીયાં અને બાબુઓ ઉપરનાં દબાણ. પ્રેરણ (દબાણનું) મધ્યબિંદુ. આર્કિમીડીસનો નિયમ. તરતા પદાર્થો. વિશિષ્ટ ગુરુત્વ.

દ્રવ પદાર્થ એટલે ફ્લુઇડસ (Fluids).—જે પદાર્થને કોઈ પણ દિશામાં વિલક્ત કરી શકાય છે અને જેનાં આણુઓને માત્ર સહેજ જોર વડે ખસેડી શકાય છે તેવા પદાર્થને “ફ્લુઇડ” એટલે દ્રવ પદાર્થ કહે છે. દ્રવ પદાર્થ (ફ્લુઇડસ) બે જાતના હોય છે, (૧) પ્રવાહી, અને (૨) વાયુ એટલે ગેસ (gases). પ્રવાહી લગભગ નહોં દબાય એવા છે, જ્યારે એથી ઉલટું વાયુ અતિશય દરજ્જે દબાવી શકાય છે. વળી વાયુ પ્રસરણનો ગુણ ધરાવે છે, જેથી વાયુના ગમે એટલા નાના જથ્થાને એક વાસણમાં પોતાની મેળે દાખલ કરી શકાય છે અને તે, જથ્થો વાસણમાં પ્રસરણ પામી તેને સંપૂર્ણ ભરી નાંખે છે. અત્રે વાયુને લગતા નિયમો સાથે આપણને કશું કામ નથી, માટે તે નિયમો અત્રે આપવામાં આવ્યા નથી.

પ્રવાહી.—પ્રવાહી એ આણુઓનો સમૂહ છે, અને આ આણુઓ એક બીજાં આસપાસ સંપૂર્ણ રીતે ખસેડી શકાય એવાં છે. આ ગુણને

લીધે પ્રવાહીને તેનાં આણુઓને એક જગ્યામાં રાખવા માટે કોઈ પણ બહારનાં જોર અથવા અટકાવ, જેવાં કે વાસણની બાંજુઓની જરૂર હોય છે, કારણ કે તેનાં આણુઓને માત્ર સહેજ જોર વડે ખસેડી શકાય છે અને કોઈ પણ દિશામાં એક બીજાંથી સહેલાઈથી છૂટાં પાડી શકાય છે.

**વિશ્રામ સ્થિતિએ પ્રવાહીને લગતા સિદ્ધાંતો.**—પ્રવાહીની ઉપર આપેલી વ્યાખ્યા ઉપરથી બરાબર રીતે એ પરિણામ નીકળે છે કે જ્યારે સમતોલપણું હોય છે ત્યારે—

(૧) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહીની છૂટી સપાટી આડી હોય છે.

(૨) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહીની કોઈ પણ સપાટી તે ઉપર જે જોર કાર્ય કરે છે તે જોરને લંબ (ક્રાટામૂલે) હોય છે.

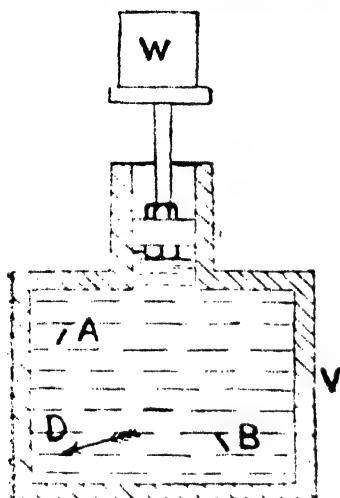
(૩) વિશ્રામ સ્થિતિમાં જે પ્રવાહી ઉપર જોર કાર્ય કરતું હોય તે એક સપાટી આપે છે, અને આ સપાટી દરેક સ્થળે જોરની દિશાને લંબ (ક્રાટામૂલે) હોય છે.

(૪) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહીને ટેકવતી સપાટી દરેક સ્થળે પ્રવાહીનાં દબાણને લંબ (ક્રાટામૂલે) પ્રતિકાર્ય કરે છે.

(૫) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહી ઉપરનાં અથવા પ્રવાહીમાંથી કાર્ય કરતાં દબાણની દરેક બાબતમાં કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય સરખાં અને વિરુદ્ધ છે.

**પ્રવાહી વડે દબાણનું સંચારણ.**—જો આકૃતિ ૪૭માં દેખાયા જેવું એક ખુલ્લાં મોંઢ સાથનું પ્રવાહીથી ભરેલું વાસણ V લેવામાં આવે છે, અને ખુલ્લાં મોંઢમાં એક પીસ્તનને ચોક્કસ ખેસાડી તે ઉપર વજન W ને લીધે આવતું દબાણ લાગુ પાડવામાં આવે તો પ્રવાહીનાં આણુઓ તેના આખા જગ્યાના દરેક ભાગમાં તે દબાણને આધિન રહેશે, અને તે વાસણની બાંજુઓ ઉપર પણ તે દબાણ કાર્ય કરશે. આ દબાણ પ્રવાહીમાંનાં દરેક બિંદુ આગળ કાર્ય કરતું

હોવાથી જો A આગળ એક નાનો સપાટ સપાટીવાળો ટુકડો મુકવામાં



આકૃતિ ૪૭.

આવે તો તે ટુકડાની દરેક સપાટી ઉપર સરખાં દબાણ આવશે. જો આ ટુકડાનું સ્થાન બદલી તેને B આગળ ધાવવામાં આવે, તો તે ટુકડાની સપાટીઓ ઉપરનાં દબાણમાં કશો પણ ફેરફાર થશે નહીં. દરેક બાબતમાં વાસણની બાજુઓ સહિત દબાણની દિશા જો સપાટી ઉપર તે કાર્ય કરે છે તેને લંબ (કાટખૂણ) છે. જો દબાણ D આગળ દેખાવા પ્રમાણે સપાટીને ખુણા પડતી દિશામાં કાર્ય કરે, તો તે દબાણને જો કોમ્પોનન્ટ (અંગભૂત) દબાણોમાં એવી રીતે જુદાં પાડી શકાય કે જેમાંનું એક કોમ્પો-

નન્ટ (અંગભૂત) દબાણ સપાટીને લંબ અને બીજું સપાટીની દિશામાં કાર્ય કરે; પણ છેલ્લું કોમ્પોનન્ટ (અંગભૂત) દબાણ જો બિંદુ આગળ ખૂણા પડતી દિશામાં દબાણ કાર્ય કરે છે તે બિંદુ આગળ આણુઓમાં સરકતી ગતિ ઉત્પન્ન કરશે, જે અટકાવી શકાશે નહીં, અને તેટલા માટે ગતિ ચાલુ થશે, જે ખરી હકીકત (fact) થી ઉત્પન્ન છે. આ ખરી હકીકતો (facts)નો સારાંશ નીચે પ્રમાણે છે, જે પાસ્કલના નિયમ (Pascal's Law)ને નામે ઓળખાય છે:—

**પાસ્કલનો નિયમ (Pascal's Law).**—ફ્લુઇડસ (વહેતા પદાર્થો) દરેક દિશામાં એક સરખી રીતે દબાણનું સંચારણ કરે છે; દબાયેલી સપાટીઓને કાટખૂણાની દિશામાં દબાણ કાર્ય કરે છે.

**જુદી જુદી ઉંચાઈ અથવા ઉંચાઇએ પ્રવાહીનાં શિર દાખ એટલે હેડ (Head).**—એક ધણું નાનું ક્ષેત્રફળ  $a$  (દાખલા તરીકે એક ચોરસ ઇંચ) પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી  $h$  ઇંચની ઉંચાઈ અથવા

ઉચાઈએ આવેલું છે એમ ધારી લો, અને ક્ષેત્રફળ  $\alpha$  થી પ્રવાહીની સપાટી સુધીનો પ્રવાહીનો ઉભો સ્થંભ કોઈ પણ રીતે સમતોલપણાને હરકત કર્યા શિવાય નક્કર બને છે એમ માની લો. એ તો સ્પષ્ટ છે કે આ નક્કર સ્થંભ ઉપરનાં આડાં અને ઉભાં જોરો જુદાં જુદાં સમતોલપણામાં હોવાં જોઈએ, નહિતર ગતિ ઉત્પન્ન થતે. પણ માત્ર ઉભાં જોરો નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું સ્થંભનું વજન અને ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું પાયા  $\alpha$  ઉપરનું આજુબાજુનાં પ્રવાહીનું દબાણ છે. તેટલા માટે,

$$\begin{aligned} \text{ઉપલી દિશાનું દબાણ} &= \text{નક્કર સ્થંભ (પ્રીઝમ)નું વજન} \\ &= \text{સ્થંભનું ધનમાપ} \times \text{સ્થંભનાં એક ધન ઇંચનું વજન.} \end{aligned}$$

$$\therefore p = \alpha \times h \times w,$$

એમાં  $w$  = સ્થંભનાં એક ધન ઇંચનું વજન, અથવા સ્થંભની ઉચાઈનાં દરેક ઇંચનું વજન છે.

પણ ક્ષેત્રફળ  $\alpha$  અને વજન  $W$  ક્ષેત્રફળના કોઈપણ ચોક્કસ એકમ અને પ્રવાહીની કોઈપણ ચોક્કસ જાત માટે નિયંત્ર રકમો છે. આ ઉપરથી માલમ પડશે કે—

દબાણ છુટી સપાટીથી લીધેલી ઉંડાઈનાં સીધા પ્રમાણમાં છે. અથવા  $p$  એ  $h$ નાં પ્રમાણમાં છે.

ટેકનીકલ સંજ્ઞા “હેડ” (Head) એટલે શિર દાખ ઉપર વર્ણવેલી હકીકતને એક શબ્દમાં દર્શાવે છે; કારણ કે, જ્યારે આપણે વોટર બ્લીલ અથવા તરબાઈનને પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણીના જથ્થાને લીધેનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતાં દબાણ વિષે બોલીએ છીએ, ત્યારે તેને ૧૦ અથવા ૨૦ અથવા ૩૦ ફૂટનો હેડ એટલે શિરદાખ છે એમ કહીએ છીએ. એનો અર્થ એ થાય છે કે જે વેળાએ પાણી પુરું પાડનારી પાઈપ (સપ્લાઈ પાઈપ)માં પાણી દાખલ થાય છે તે વેળાની પાણીની છુટી સપાટીથી ડીસ્ચાર્જ પાઈપ

( વોટર વ્હીલ અથવા તરબાઈનમાંથી પાણી વપરાઈને જે પાઈપમાંથી બહાર નીકળે છે તે પાઈપ )ની છુટી સપાટી સુધીની અમુક કુટની પાણીની ઉંચાઈને લીધેનું દબાણ છે. એક ચોરસ ઈંચ ક્ષેત્રફળવાળા અને ૨.૩૦૮ ફુટ ઉંચાઈના પાણીના સ્થંભનું વજન ૧ પૌંડ થાય છે, માટે ૨.૩૦૮ ફુટ ઉંચાઈનો પાણીનો સ્થંભ તેનાં તળીયાં ઉપર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, માટે ૨.૩૦૮ ફુટ હેડ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧ પૌંડનું દબાણ દર્શાવે છે, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો પાણીના હેડ એટલે શિરદાખનો દરેક ફુટ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૦.૪૩૩ પૌંડ અથવા પૂર્ણ સંખ્યામાં  $\frac{1}{2}$  પૌંડનું દબાણ દર્શાવે છે. માટે આપણે દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ અનુક્રમે ૫ અથવા ૧૦ અથવા ૧૫ પૌંડનું છે એમ કહી શકીએ. એટલા માટે હેડ એટલે શિરદાખનાં સીધાં પ્રમાણમાં દબાણ છે.

**દાખલો ૧.**—એક ડુબકી મારનાર ન્યારે પાણીની સપાટીથી ૬૦ ફુટની ઉંડાઈએ સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં ડુબકી મારે છે ત્યારે તે ડુબકી મારનાર ઉપર પાણીની ઉંડાઈને લીધે કેટલું દબાણ પડશે ?

ડુબકી મારનાર ઉપર પાણીનો હેડ ૬૦ ફુટ છે.

૧ ફુટ હેડ = ૦.૪૩૩ પૌંડ દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ.

$\therefore$  ૬૦ ફુટ હેડ = ૬૦  $\times$  ૦.૪૩૩

= ૨૫.૯૮ પૌંડ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ.

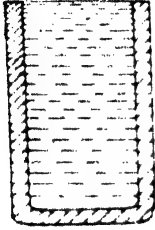
**દાખલો ૨.**—એક પાણીની ટાંકીને પાણી ભરવાના કોકથી ૭૬ ફુટની ઉંચાઈએ ગોઠવેલી છે. ટાંકીની ઉંચાઈ ૪ ફુટ છે અને તે પાણીથી હંમેશાં ભરેલી રહે છે, તો તે કોકમાંથી પાણી દર ચોરસ ઈંચ દીઠ કેટલાં દબાણે બહાર નીકળશે ?

દર ચોરસ ઈંચ દીઠ દબાણ = (૭૬ + ૪)  $\times$  ૦.૪૩૩

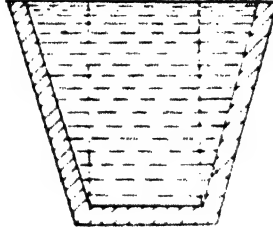
= ૮૦  $\times$  ૦.૪૩૩ = ૩૪.૬૪ પૌંડ.

પ્રવાહીમાં ડુબેલાં આડાં ક્ષેત્ર ઉપરનું કુલ દબાણ.—  
જો એક વાસણનું તળીયું આડું ક્ષેત્ર હોય, તો તેનાં કોઈ પણ બિંદુ

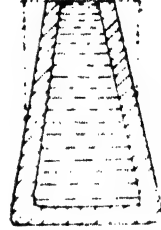
આગળનું દબાણ એકસરખું હશે, અને તે દબાણ તળીયાંથી પ્રવાહીની સપાટી સુધીની ઉંચાઈને લીધે થશે, પછી વાસણનો આકાર ગમે તેવો હોય. તેટલા માટે એ ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે આકૃતિ ૪૮, ૪૯, ૫૦, ૫૧, અને ૫૨માં બતાવેલા આકારનાં વાસણોનાં તળીયાંઓ



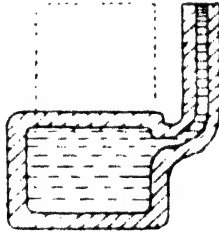
આ. ૪૮.



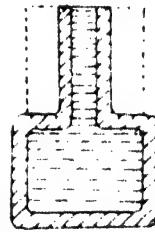
આ. ૪૯.



આ. ૫૦.



આ. ૫૧.



આ. ૫૨.

ઉપરનું દબાણ અંકિત લીટીઓ વડે દેખાડેલા સ્થંભોમાં સમાયલાં પ્રવાહીનાં વજનની બરાબર છે. આ સ્થંભોનાં તળીયાં દરેક બાજતમાં વાસણનાં તળીયાંની બરાબર છે, અને તેની ઉંચાઈ તળીયાંથી પ્રવાહીની છુટી સપાટી સુધીનાં અંતરની બરાબર છે. તેટલા માટે કોઈ પણ આકારનાં વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ = તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટમાં  $\times$  તળીયાંથી પ્રવાહીની છુટી સપાટી સુધીની ઉંચાઈ ફુટમાં  $\times$  પ્રવાહીનાં એક ઘનફુટનું વજન, અથવા

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ =  $a h w$ ,

એમાં  $a$  = તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટમાં,

## પ્રવાહીમાં ડુબેલાં આડાં ક્ષેત્ર ઉપરનું દબાણ ૨૬૫

$h$  = તળીયાંથી પ્રવાહીની છુટી સપાટી સુધીની  
ઉંચાઇ ફુટમાં,

અને  $w$  = પ્રવાહીનાં એક ઘન ફુટનું વજન.

આકૃતિમાં દરેક વાસણનાં તળીયાં અને ઉંચાઈ એક સરખી છે, અને દરેક વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ વાસણના આકાર અને તેમાં સમાયેલાં પાણીનાં વજનોમાં તફાવત છતાં એક સરખું છે. આકૃતિ ૪૮માં બતાવેલાં વાસણમાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ વાસણમાં સમાયેલાં પાણીનાં વજન જેટલુંજ છે; આકૃતિ ૪૯માંનાં વાસણમાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ તેમાં સમાયેલાં પાણીનાં વજન કરતાં ઓછું છે, અને આકૃતિ ૫૦, ૫૧, અને ૫૨માં બતાવેલાં વાસણોમાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ વાસણોમાં સમાયેલાં પાણીનાં વજન કરતાં વધારે છે.

આ ઉપરથી માલુમ પડે છે કે જે વાસણમાં પ્રવાહી સમાયેલું હોય છે તે વાસણનો આકાર અને તે વાસણમાંનાં પાણીનું કુલ વજન તળીયાં ઉપરનાં કુલ દબાણને કોઈ પણ રીતે અસર કરતાં નથી; કારણ કે તે માત્ર તળીયાં અથવા ડુબેલાં ક્ષેત્ર અને પ્રવાહીની છુટી સપાટી વચ્ચેનાં અંતર ઉપર, ડુબેલાં ક્ષેત્રફળ ઉપર, અને પ્રવાહીનાં ઘનમાપ (વોલ્યુમ)નાં દર એકમ દીઠ પ્રવાહીનાં વજન ઉપર આધાર રાખે છે.

**દાખલો ૩.**—એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૪ ફુટ અને ઉંચાઈ ૮ ફુટ છે, તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણ આવશે ?

$$\begin{aligned} \text{તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ} &= \alpha \times h \times w \\ &= 4 \times 4 \times .974 \times 8 \times 62.5 \\ &= 9743.2 \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

**દાખલો ૪.**—એક સંકુ આકારની ટાંકી જેનાં ગોળાકાર તળીયાંનો વ્યાસ ૪ ફુટ અને ઉંચાઈ ૮ ફુટ છે તે પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણ પડશે ?

$$\begin{aligned}
 \text{તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ} &= a \times h \times w \\
 &= ૪ \times ૪ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૮ \times ૬૨.૫ \\
 &= ૬૨૮૩.૨ \text{ પૌંડ}
 \end{aligned}$$

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલુંજ છે, કારણ કે પાયાનો વ્યાસ અને તળીયાંથી પાણીની સપાટીની ઉંચાઈ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલીજ છે, જો કે આ શંકુઆકારની ટાંકીમાં સમાયલાં પાણીનું વજન ત્રીજા દાખલામાંની ટાંકીનાં વજનથી માત્ર  $\frac{1}{8}$  જેટલું છે.

**દાખલો ૫.**—એક ટાંકીનાં તળીયાંનો વ્યાસ ૪ ફુટ છે અને તેને મથાળેથી પહોળી કરી તેનો વ્યાસ ૮ ફુટ કરવામાં આવ્યો છે. આ ટાંકીની ઉંચાઈ ૮ ફુટ છે, અને તે પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણ પડશે ?

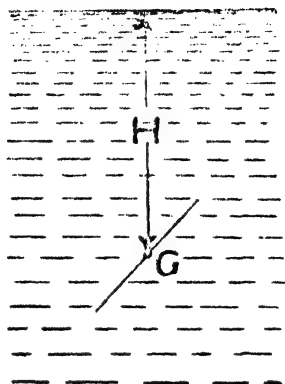
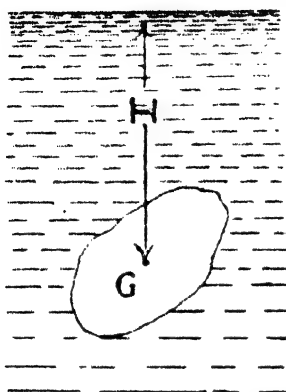
$$\begin{aligned}
 \text{તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ} &= a \times h \times w \\
 &= ૪ \times ૪ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૮ \times ૬૨.૫ \\
 &= ૬૨૮૩.૨ \text{ પૌંડ}
 \end{aligned}$$

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલુંજ છે, કારણ કે પાયાનો વ્યાસ અને ઉંચાઈ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલીજ છે, જો કે આ દાખલામાંની ટાંકીમાં સમાયલાં પાણીનું વજન ત્રીજા દાખલામાંની ટાંકીનાં વજનથી વધારે છે.

**પ્રવાહીમાં હુમેલી કોઈ પણ સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ.**—ધારો કે કોઈ પણ આકારની એક સપાટીને કોઈ પણ જાતનાં પ્રવાહીમાં કોઈ પણ ઉંડાઈએ આકૃતિ પૃષ્ઠમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે દુબારેલી છે.

ગુરુત્વ મધ્યબિંદુના સ્વભાવ પ્રમાણે કોઈ પણ ક્ષેત્રથી સરેરાશ લંબ ઉંચાઈ તે હુમેલી સપાટીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ ઉપરથી તે ક્ષેત્ર સુધીનાં અંતર  $H$ ની બરાબર છે, માટે આગળ દર્શાવ્યા પ્રમાણે હુમેલી સપાટી ઉપરનું પ્રવાહીનું કુલ દબાણ = હુમેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી હુમેલી સપાટીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ



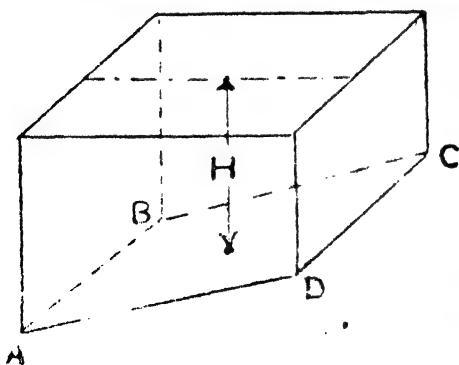


આકૃતિ ૫૩.

સુધીની ઉંચાઈ  $x$  તે પ્રવાહીનાં એક ઘનપ્રદનું વજન છે. આ નિયમ પાણીથી ભરેલાં વાસણના કોઈ પણ આકારનાં આડાં તેમજ ઢળતાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે લાગુ પડે છે, તેમજ તેને તે વાસણની ઉભી બાજુ ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે પણ લાગુ પાડી શકાય છે.

આગળ આપણે આ નિયમ આડાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે લાગુ પાડ્યો છે; હવે આપણે વાસણનાં ઢળતાં તળીયાં ઉપરનું અને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ શોધવા માટે આ નિયમ લાગુ પાડીશું.

**પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણનાં ઢળતાં તળીયાં ઉપરનું**



આકૃતિ ૫૪.

દબાણ. — આકૃતિ ૫૪માં પ્રવાહીથી ભરેલી ઢળતાં તળીયાં-વાળી એક ચોખ્ખાકાર ટાંકી બતાવી છે, જેનું ઢળતું તળીયું ABCD છે. આ તળીયાંની પ્રવાહીથી હુએલી અથવા દબાયેલી સપાટીનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ તે સપાટીનાં મધ્યબિંદુ આગળ છે, માટે

પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી તળીયાનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર  $H$  છે, જે આકૃતિ ૫૪માં બતાવ્યું છે. સારે ઢળતાં તળીયાં  $ABCD$ ની પ્રવાહીથી દબાયેલી અથવા ડુબેલી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ = દબાયેલી અથવા ડુબેલી સપાટી  $ABCD$ નું ક્ષેત્રફળ  $\times$  પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી ડુબેલી સપાટીનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર  $H \times$  તે પ્રવાહીનાં એક ઘનપ્રુટનું વજન છે.

**દાખલો ૬.**— એક પાણીથી ભરેલી કાટકાણ ચોખ્ખાકાર ટાંકાને ઢળતું તળીયું  $A B C D$  છે. આ તળીયાંની બાજુઓ  $A B$  અને  $C D$  દરેક ૮ ફુટ પાણીની છુટી સપાટીથી  $A B$  ૮ ફુટની ઉંડાઈએ અને  $C D$  ૬ ફુટની ઉંડાઈએ આવેલી છે, અને ધારો  $A D$  અને  $B C$  દરેક ૧૦ ફુટ લાંબી છે, તો આ ઢળતાં તળીયાં  $A B C D$  ઉપર પડતું કુલ દબાણ શોધો.

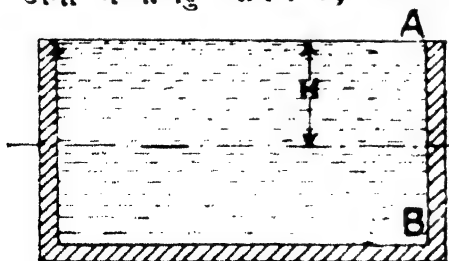
તળીયાંની પાણીથી ડુબેલી અથવા દબાયેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ =  $૧૦ \times ૮ = ૮૦$  ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાંની ડુબેલી સપાટીનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર =  $\frac{૮+૬}{૨} = ૭$  ફુટ.

$\therefore$  તળીયાં ઉપરનું દબાણ =  $૮૦ \times ૭ \times ૬૨.૫ = ૩૫૦૦૦$  પાંડ.

**પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણની બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ.**—

આકૃતિ ૫૫માં પ્રવાહીથી ભરેલી એક ટાંકા બતાવી છે. આ ટાંકાની ઉભી બાજુ  $A B$  ઉપરનું દબાણ શોધવાનું છે. આ બાજુ  $A B$ ની પાણીથી દબાયેલી અથવા ડુબેલી સપાટીનું ગુરત્વ મધ્યબિંદુ તે સપાટીનાં મધ્યબિંદુ આગળ છે, માટે પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી બાજુ



આકૃતિ ૫૫

$A B$ નાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર  $H$  છે, જે પ્રવાહીની ઉંડાઈ  $A B$ થી અર્ધું છે, જે આકૃતિ ૫૫માં બતાવ્યું છે. સારે બાજુ  $A B$ ની પ્રવાહીથી દબાયેલી અથવા ડુબેલી સપાટી ઉપરનું કુલ

## વાસણની બાબુઓ ઉપર પ્રવાહીનાં દબાણ ૨૬૯

દબાણ = દબાયેલી અથવા હુબેલી સપાટી A.B નું ક્ષેત્રફળ  $\times$  પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી હુબેલી સપાટીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર H અથવા પ્રવાહીની અર્ધી ઉંડાઈ  $\frac{A.B}{2} \times$  તે પ્રવાહીનાં એક ઘન યુટનું વજન છે. આ નીચે પ્રમાણેની રીતે પણ સાબીત કરી શકાય—

બાબુ A.B ઉપરનું દબાણ સમાન રીતે A થી B સુધી વધતું જાય છે, અને તે A આગળ શૂન્ય અને B આગળ સૌથી વધુ છે; તેટલા માટે સરેરાશ દબાણ સૌથી વધુ દબાણનું અર્ધું છે, અથવા બિંદુઓ A અને B ની અધવચ્ચે કાર્ય કરતાં દબાણની બરાબર છે.

**દાખલો ૭.**—એક પાણીથી ભરેલી ચોખ્ખાણ ટાંકી ૧૦ ફુટ લાંબી, ૮ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઉંચી છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ચારે બાબુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

$$\begin{aligned} \text{તળીયાં ઉપરનું દબાણ} &= \text{તળીયાનું ક્ષેત્રફળ} \times \text{પાણીની સપાટીથી} \\ &\quad \text{તળીયાનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની} \\ &\quad \text{ઉંડાઈ} \times \text{એક ઘનફુટ પાણીનું વજન.} \\ &= 10 \times 8 \times 6 \times 62.5 \\ &= \underline{30000 \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

બે લંબાઈની બાબુઓમાંની દરેક ઉપરનું દબાણ = તે બાબુનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  પાણીની સપાટીથી તે બાબુનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ  $\times$  એક ઘનફુટ પાણીનું વજન.

$$\begin{aligned} \therefore \text{લંબાઈની દરેક બાબુ ઉપરનું દબાણ} &= 10 \times 6 \times \frac{6}{2} \times 62.5 \\ &= \underline{91250 \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{પહોળાઈની દરેક બાબુ ઉપરનું દબાણ} &= 8 \times 6 \times \frac{6}{2} \times 62.5 \\ &= \underline{6000 \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૮.**—એક કાટકોણ ચોખ્ખાણકાર ટાંકી ૭ ફુટ લાંબી, ૫ ફુટ પહોળી, અને ૩ ફુટ ઉંચી છે, અને તે પાણીથી ભરેલી છે. આ ટાંકીનાં ઉપલાં ઢાંકણમાં વેદ પાડી તેમાં એક નળી અથવા

પાછપિને બેસાડી તે નળીમાં ન્યાં સુધી પાણીની સપાટી ટાંકોનાં તળીયાથી ૮ ફુટની ઉંચાઈએ પહોંચે ત્યાં સુધી તેમાં પાણી રેડવામાં આવે છે, તો તે ટાંકાનાં તળીયાં અને ઉભી બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ શોધો. વળી જ્યારે પાણીને તે નળીમાં ૨ ફૂટ નીચે ઉતારવામાં આવે ત્યારે તે ટાંકાનાં તળીયાં અને ઉભી બાજુઓ ઉપર કેટલું દબાણ આવશે ?

પહેલી બાબતમાં—

તળીયાનું ક્ષેત્રફળ =  $૭ \times ૫ = ૩૫$  ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૮ ફુટ.

∴ તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૩૫ \times ૮ \times ૬૨.૫ = ૧૭૫૦૦$  પૌંડ.

લંબાઈની દરેક બાજુનું ક્ષેત્રફળ =  $૭ \times ૩ = ૨૧$  ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી દરેક લંબાઈની ઉભી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૫ + ૩ = ૮$  ફુટ.

∴ લંબાઈની દરેક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૨૧ \times ૮ \times ૬૨.૫ = ૮૫૩૧.૨૫$  પૌંડ.

પહોળાઈની દરેક બાજુનું ક્ષેત્રફળ =  $૫ \times ૩ = ૧૫$  ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી પહોળાઈની દરેક ઉભી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૫ + ૩ = ૮$  ફુટ.

∴ પહોળાઈની દરેક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૧૫ \times ૮ \times ૬૨.૫ = ૬૦૮૩.૭૫$  પૌંડ.

બીજી બાબતમાં—

જ્યારે પાણીની સપાટી ૨ ફૂટ જેટલી નીચે ઉતારવામાં આવે છે ત્યારે પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૮ - ૨ = ૬$  ફુટ છે.

∴ તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૩૫ \times ૬ \times ૬૨.૫ = ૧૨૦૩૧.૨૫$  પૌંડ.

પાણીની છુટી સપાટીથી દરેક ઉભી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૫ - ૩ = ૨$  ફુટ.

$$\therefore \text{લંબાઈની દરેક ઉભી બાબુ ઉપરનું કુલ દબાણ} = ૨૧ \times ૪ \times ૬૨.૫ \\ = ૫૨૫૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{પહોળાઈની દરેક ઉભી બાબુ ઉપરનું કુલ દબાણ} = ૧૫ \times ૪ \times ૬૨.૫ \\ = ૩૭૫૦ \text{ પૌંડ.}$$

**દાખલો ૯.**—પાણીથી ભરેલી એક ટાંકીની બે સમાંતર બાબુઓ એક સરખી ઢળતી છે, અને તેની લંબાઈ ૧૦ ફુટ છે. મથાળાં આગળ ટાંકીની પહોળાઈ ૬૩ ફુટ છે અને તળીયાં આગળ ૨ ફુટ છે. ટાંકીની લંબ ઉંડાઈ ૩ ફુટ છે, અને બન્ને ઢળતી બાબુઓની ત્રાંસી ઉંચાઈ ૩ ફુટ છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ચારે બાબુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

$$\text{તળીયાનું ક્ષેત્રફળ} = ૧૦ \times ૨ = ૨૦ \text{ ચોરસ ફુટ.}$$

પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાનાં ગુરતવ મધ્ય બિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૩ ફુટ.

$$\therefore \text{તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ} = ૨૦ \times ૩ \times ૬૨.૫ = ૩૭૫૦ \text{ પૌંડ.}$$

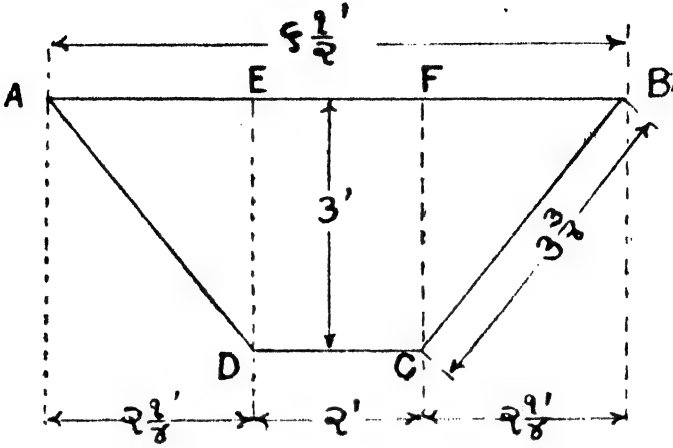
લંબાઈની દિશાની બે ઢળતી બાબુઓમાંની દરેક બાબુનું ક્ષેત્રફળ =  $૧૦ \times ૩.૭૫ = ૩૭.૫$  ચો. ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી દરેક ઢળતી બાબુનાં ગુરતવ મધ્ય બિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $\frac{૩}{૨} = ૧.૫$  ફુટ.

$$\therefore \text{દરેક ઢળતી બાબુ ઉપરનું કુલ દબાણ} = ૩૭.૫ \times ૧.૫ \times ૬૨.૫ \\ = ૩૫૧૫.૬૨૫ \text{ પૌંડ.}$$

ટાંકીના દરેક છેડા અથવા પહોળાઈની દિશાની બે ઉભી બાબુમાંની દરેક બે આકૃતિ પદમાં બતાવી છે તે ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે—

આ છેડા અથવા પહોળાઈની ઉભી બાબુનાં ક્ષેત્રફળને સુગમ પડતાં ક્ષેત્રફળોમાં વિભક્ત કરવું, અને તેમ કરવા માટે D અને Cમાંથી બે ઉભી લીટીઓ DE અને CF દોરો. આમ કરવાથી આ છેડાનું ક્ષેત્રફળ એક ચોખ્ખુ DEFC અને બે સરખા ત્રિકોણ AED અને BFCમાં વિભક્ત થશે. ત્યારે



આકૃતિ ૫૬.

આ છેડા ઉપરનું કુલ = ચોખ્ખાકાર ભાગ ઉપરનું દબાણ + બે ત્રિકોણાકાર ભાગો ઉપરનું દબાણ.

ચોખ્ખા ભાગનું ક્ષેત્રફળ =  $2 \times 3 = 6$  ચોરસ ફુટ

પાણીની સપાટીથી આ ચોખ્ખાકાર ભાગનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $\frac{3}{2} = 1.5$  ફુટ

$\therefore$  આ ચોખ્ખાકાર ભાગ ઉપરનું દબાણ =  $6 \times 1.5 \times 62.4$   
= 562.4 પૌંડ

બાજુનાં બે ત્રિકોણાકાર ભાગનું ક્ષેત્રફળ = પાયો  $\times$  અર્ધ લંબ ઉંચાઈ  
=  $2.25 \times \frac{3}{2} = 3.375$  ચો. ફુટ

ત્રિકોણાકાર સપાટીનું ગુરત્વ મધ્યબિંદુ તેના પાયાથી લંબ ઉંચાઈનાં  $\frac{1}{3}$  ભાગ આગળ હોય છે, માટે પાણીની સપાટીથી આ ત્રિકોણાકાર ભાગનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $\frac{3}{2} = 1.5$  ફુટ

$\therefore$  આ ત્રિકોણાકાર ભાગ ઉપરનું દબાણ =  $3.375 \times 1 \times 62.4$   
= 210.4375 પૌંડ

$\therefore$  ટાંકીના દરેક છેડા અથવા પહોળાઈની દિશાની દરેક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ =  $562.4 + 2 \times 210.4375 = 983.275$  પૌંડ

**દાખલો ૧૦.**—૫ ફુટ ઉંચી એક ટાંકીનું તળીયું ૮ ફુટ સમચોરસ છે અને ખુણાં મેંઠાં સાથની એક પાછપને એલબો (elbow) વડે તેની બાબુમાં વેહ પાડી બેસાડેલી છે. ટાંકીનાં મથાળેથી પાછપની ઉંચાઇ ૫ ફુટ છે, અને ટાંકી તથા પાછપ પાણીથી ભરેલી છે, તો તે ટાંકીનાં મથાળાં, તળીયાં અને બાબુઓ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

મથાળાં ઉપરનું દબાણ—

મથાળાંની હુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ =  $૮ \times ૮ = ૬૪$  ચો. ફુટ  
પાણીની છુટી સપાટીથી મથાળાંનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૫ ફુટ  
∴ મથાળાં ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૬૪ \times ૫ \times ૬૨.૫ = ૨૦૦૦૦$  પૌંડ

તળીયાં ઉપરનું દબાણ—

તળીયાંની હુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ =  $૮ \times ૮ = ૬૪$  ચો. ફુટ.  
પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાંનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૫ + ૫ = ૧૦$  ફુટ  
∴ તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૬૪ \times ૧૦ \times ૬૨.૫ = ૪૦૦૦૦$  પૌંડ

દરેક બાબુ ઉપરનું દબાણ—

દરેક બાબુની હુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ =  $૮ \times ૫ = ૪૦$  ચો. ફુટ.  
પાણીની છુટી સપાટીથી ઉભી બાબુનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૫ + ૨.૫ = ૭.૫$  ફુટ

∴ દરેક બાબુ ઉપરનું દબાણ =  $૪૦ \times ૭.૫ \times ૬૨.૫ = ૧૮૭૫૦$  પૌંડ

**દાખલો ૧૧.**—એક કાટકાણુ ચોખુણાકાર ટાંકી ૭ ફુટ લાંબી અને ૫ ફુટ પહોળી છે, તો જ્યારે આ ટાંકીમાં ૭૦૦ ગેલન પાણી ભરેલું હોય ત્યારે પાણીની ઉંડાઈ શોધો. વળી ટાંકીનાં તળીયાં અને દરેક ઉભી બાબુ ઉપરનાં દબાણ શોધો. એક ગેલન પાણીનું વજન ૧૦ પૌંડ છે અને એક ઘનફુટ પાણીનું વજન ૬૨.૫ પૌંડ છે.

પાણીનું વજન =  $૭૦૦ \times ૧૦ = ૭૦૦૦$  પૌંડ

ક્ષેત્રફળ  $\times$  ઉંડાઈ  $\times$  ૬૨.૫ = પાણીનું વજન

$૭ \times ૫ \times$  ઉંડાઈ  $\times$  ૬૨.૫ = ૭૦૦૦

$$\therefore \text{ઉંડાઈ} = \frac{૭૦૦૦}{૭ \times ૫ \times ૬૨.૫} = \underline{૩.૨ \text{ ફુટ}}$$

$$\text{તળીયાં ઉપરનું દબાણ} = ૭ \times ૫ \times ૩.૨ \times ૬૨.૫ = \underline{૭૦૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

$$\begin{aligned} \text{લંબાઈની દરેક ઉભી આબુ ઉપરનું દબાણ} &= ૭ \times ૩.૨ \times \frac{૩.૨}{૨} \times ૬૨.૫ \\ &= \underline{૨૨૪૦ \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{પહોળાઈની દરેક ઉભી આબુ ઉપરનું દબાણ} &= ૫ \times ૩.૨ \times \frac{૩.૨}{૨} \times ૬૨.૫ \\ &= \underline{૧૬૦૦ \text{ પૌંડ}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૨.**—એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૬ ફુટ છે અને તેમાં તળીયાંથી ૫ ફુટની ઉંચાઈ સુધી પાણી ભરેલું છે. આ ટાંકીનું તળીયું આડી દિશામાં છે, તો તળીયાં અને ધ્રુવેલી વાંકવાળી સપાટી ઉપરનાં દબાણો શોધો.

$$\begin{aligned} \text{તળીયાં ઉપરનું દબાણ} &= ૬ \times ૬ \times ૭૮૫૪ \times ૫ \times ૬૨.૫ \\ &= \underline{૮૮૩૫.૭૫ \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$

$$\text{ધ્રુવેલી વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ} = ૬ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૫$$

પાણીની છુટી સપાટીથી ઉભી વાંકવાળી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્ય બિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $\frac{૫}{૨} = ૨.૫$  ફુટ.

$$\begin{aligned} \therefore \text{ધ્રુવેલી વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું દબાણ} &= ૬ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૫ \times ૨.૫ \times ૬૨.૫ \\ &= \underline{૧૪૭૨૬.૨૫ \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૩.**—ગોળાના આકારનાં એક વાસણનાં વ્યાસ ૪ ફુટ છે અને તેને દરીયાનાં પાણીમાં ડુબાડેલું છે. આ વાસણનું મધ્ય બિંદુ પાણીની સપાટીથી ૩૦ ફુટ નીચે છે, તો તેની સપાટી ઉપર આવતું કુલ દબાણ શોધો.

$$\text{ગોળાનાં આકારનાં વાસણનું પૃષ્ઠફળ} = D^2 \times ૩.૧૪૧૬ = ૪ \times ૪ \times ૩.૧૪૧૬$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{આ વાસણની સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ} &= ૪ \times ૪ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૩૦ \times ૬૨.૫ \\ &= \underline{૯૬૫૦૯.૯૫૨ \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$



**દાખલો ૧૪.**—પાણીથી ભરેલી કાટકોણ ચોખ્ખાકાર ટાંકીની એક ઉભી સપાટ બાજુમાં એક કાટકોણ ચોખ્ખાકાર પ્લેટ છે જેની ઉંડાઈ ૨ ફુટ અને પહોળાઈ ૩ ફુટ છે. આ પ્લેટની ઉપલી ધાર આડી દિશામાં છે અને તે પાણીની સપાટીથી ૮ ફુટ નીચે છે, તો તે પ્લેટ ઉપરનું દબાણ શોધો.

$$\text{પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ} = ૨ \times ૩ = ૬ \text{ ચો. ફુટ}$$

પાણીની સપાટીથી પ્લેટની ઉભી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૮ + \frac{૩}{૨} = ૯ \frac{૩}{૨}$  ફુટ

$$\therefore \text{પ્લેટ ઉપરનું દબાણ} = ૬ \times ૯ \times ૬૨.૫ = ૩૩૭૫ \text{ પૌંડ.}$$

**દાખલો ૧૫.**—એક ચુકી ગોદીના દરવાજા (ડેક-ગેટ)ની ઉંડાઈ ૪૦ ફુટ અને પહોળાઈ ૨૮ ફુટ છે. જ્યારે તે દરવાજાની એક બાજુએ ૨૨ ફુટ ઉંડું પાણી હોય ત્યારે તે દરવાજા ઉપર કેટલું દબાણ હશે ?

$$\begin{aligned} \text{દરવાજા ઉપરનું દબાણ} &= ૨૮ \times ૨૨ \times \frac{૩૨}{૨} \times ૬૨.૫ \\ &= ૪૨૩૫૦૦ \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૬.**—એક નહેરનો સ્લુસ ગેટ (sluice gate) ૫ ફુટ પહોળો અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે. આ સ્લુસ ગેટની એક બાજુએ પાણીની ઉંડાઈ ૬ ફુટ અને બીજી બાજુએ ૪ ફુટ છે, તો તે સ્લુસ ગેટ ઉપરનું દબાણ શોધો.

સ્લુસ ગેટ ઉપરનું ચોખ્ખું દબાણ = બન્ને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણોનો તફાવત.

$$\text{એક બાજુ ઉપરનું દબાણ} = ૫ \times ૬ \times \frac{૬}{૨} \times ૬૨.૫ = ૫૬૨૫ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{બીજી બાજુ ઉપરનું દબાણ} = ૪ \times ૪ \times \frac{૪}{૨} \times ૬૨.૫ = ૨૫૦૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{સ્લુસ ગેટ ઉપરનું ચોખ્ખું દબાણ} = ૫૬૨૫ - ૨૫૦૦ = ૩૧૨૫ \text{ પૌંડ.}$$

**દાખલો ૧૭.**—૬ ઇંચ વ્યાસનાં અને ૩૨ ઇંચ લાંબાં એક નળાકાર વાસણને પાણીમાં એવી રીતે ઉભું હુબાડવામાં આવે છે કે જેથી તેનું તળીયું જે આડી દિશામાં છે તે પાણીની સપાટીથી ૨૪ ઇંચની ઉંડાઈએ રહે છે, તો તે વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું ઉપલી દીશાનું દબાણ શોધો.

તળીયાનું ક્ષેત્રફળ =  $\frac{4}{3} \times \frac{4}{3} \times ૭૮૫૪ = ૧૯૬૩૫$  ચો. ફુટ

પાણીની સપાટીથી તળીયાનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની

ઉંડાઈ =  $\frac{૨}{૩} = ૨$  ફુટ

∴ તળીયાં ઉપરનું ઉપલી દીશાનું દબાણ =  $૧૯૬૩૫ \times ૨ \times ૬૨.૫$   
 =  $૨૪૫૪$  પૌંડ.

**દાખલો ૧૮.**—૨૪ ઇંચ વ્યાસની એક આડી પાઈપિના છેડાને બંધ કરવા માટે ઉભા સ્થાનમાં ગોઠવેલો એક રતુસ વાલ્વ વપરાય છે. પાઈપિનાં મથાળાંની ઉપર પાણીનો હેડ ૭૯ ફુટ છે અને રતુસ વાલ્વની બહારની સપાટી ઉપર માત્ર વાતાવરણનું દબાણ કાર્ય કરે છે, તો તે વાલ્વ ઉપરનું દબાણ શોધો.

રતુસ વાલ્વની અંદરની સપાટી જે ઉપર પાણીના હેડનું દબાણ પડે છે તેનું ક્ષેત્રફળ =  $૨ \times ૨ \times ૭૮૫૪ = ૩૧૪૧૬$  ચો. ફુટ.

પાણીની સપાટીથી રતુસ વાલ્વનાં ગુરત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $૭૯ + \frac{૨}{૩} = ૮૦$  ફુટ

∴ રતુસ વાલ્વની અંદરની બાજુ ઉપરનું

કુલ દબાણ =  $૩૧૪૧૬ \times ૮૦ \times ૬૨.૫ =$   $૧૫૭૦૮$  પૌંડ.

**દાખલો ૧૯.**—એક ડોક ગેટ (lock gate) વહાણો દૂરસ્ત કરવા માટેની ગોદીમાં દરીયાનું પાણી દાખલ કરવા માટેનો દરવાજો) ૮૦ ફુટ પહોળો છે અને તેની એક બાજુએ દરીયાનાં પાણીની ઉંડાઈ ૩૦ ફુટ અને બીજી બાજુએ ૯ ફુટ છે, તો તે ગેટની દરેક બાજુ ઉપર આવતાં કુલ દબાણ શોધો. વળી તે ગેટ ઉપર આવતું રીઝલ્ટન્ટ જોર શોધો. દરીયાનાં પાણીનું વજન દર ઘન ફુટ દીઠ ૬૪ પૌંડ છે.

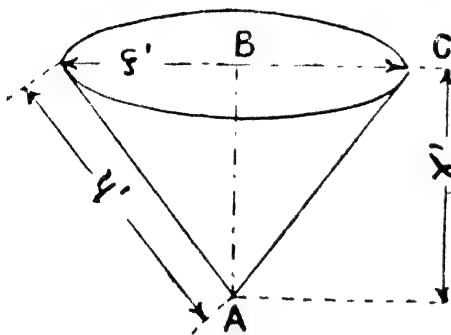
એક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૮૦ \times ૩૦ \times \frac{૩}{૨} \times ૬૪$   
 =  $૧૦૨૮૦$  ટન.

બીજી બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૮૦ \times ૯ \times \frac{૩}{૨} \times ૬૪$   
 =  $૯૨૦$  ટન.

રીઝલ્ટન્ટ જોર =  $૧૦૨૮૦ - ૯૨૦ =$   $૯૩૬$  ટન

દાખલો ૨૦.—એક ટાંકીનો આકાર ઉલટાવેલા શંકુ (કોન) નાં જેવો છે. મથાળાં આગળ તેનો વ્યાસ ૬ ફુટ છે અને લંબ ઉંડાઈ ૪ ફુટ છે. આ ટાંકી તેલથી ભરેલી છે. જો તેલનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૦.૮ હોય, તો તેમાં સમાયલાં તેલનું વજન શોધો, અને તે ટાંકીની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

આકૃતિ ૫૭માં ટાંકી બતાવી છે.



આકૃતિ ૫૭

ત્રાંસી ઉંચાઈ = કાટકાણુ ત્રિકોણ  
ABCનાં કર્ણની  
લંબાઈ છે.

$$\text{કર્ણ}^2 = \text{પાયો}^2 + \text{લંબ ઉંચાઈ}^2$$

$$= ૩^2 + ૪^2$$

$$= ૯ + ૧૬ = ૨૫$$

$$\therefore \text{કર્ણ} = \sqrt{૨૫}$$

$$= ૫ \text{ ફુટ}$$

$$\text{શંકુ આકારની ટાંકીનું ધનમાપ} = \frac{\text{પાયાનું ક્ષેત્રફળ} \times \text{લંબ ઉંડાઈ}}{૩}$$

$$= \frac{૬ \times ૬ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૪}{૩} \text{ ધનફુટ}$$

$$\text{એક ધનફુટ તેલનું વજન} = ૦.૮ \times ૬૨.૫ = ૫૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{શંકુ આકારની ટાંકીમાં સમાયલાં તેલનું વજન}$$

$$= \frac{૬ \times ૬ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૪ \times ૫૦}{૩} = \underline{\underline{૧૮૮૪.૯૬ \text{ પૌંડ.}}}$$

ટાંકી ઉલટાવેલા શંકુ આકારની હોવાથી શંકુનો પાયો મથાળું બને છે.

$$\text{શંકુ આકારની ટાંકીનું પૃષ્ઠફળ} = \frac{\text{શંકુના પાયાનો પરિઘ} \times \text{ત્રાંસી ઉંચાઈ}}{૨}$$

$$= \frac{૬ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૫}{૨}$$

શંકુનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ તેના પાયાથી લંબ ઉંચાઈના ૩ લાગ આગળ હોય છે. અત્રે પાચો ટાંકીનું મથાળું છે, માટે તેલની સપાટીથી શંકુ આકારની ટાંકીનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ =  $\frac{૫}{૩}$  ફુટ.  
 ∴ શંકુ આકારની ટાંકીની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું

$$\text{કુલ દબાણ} = \frac{૬ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૫}{૨} \times \frac{૫}{૩} \times ૫૦ = ૩૧૪૧.૬ \text{ પૌંડ.}$$

**પ્રેરણ મધ્યબિંદુ.**—પ્રવાહીમાં ડુબેલી સપાટી ઉપરનાં સઘળાં દબાણનું રીઝલ્ટન્ટ (લઘ્ધ દબાણ) તે સપાટીનાં જે બિંદુમાં કાર્ય કરે છે તે બિંદુને “પ્રેરણ મધ્યબિંદુ” (centre of pressure) કહેવામાં આવે છે. જે સપાટી સપાટ અને આડી હોય, તો દબાણનું રીઝલ્ટન્ટ (લઘ્ધ દબાણ) તે સપાટીનાં મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે, કારણ કે દબાણની અત્યંતતા નિયંત્રિત છે, અને તેટલા માટે દબાણનું મધ્યબિંદુ તે સપાટીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સાથે મળે છે. પ્રવાહીમાં ડુબેલી ઉભી ચોખ્ખાણાકાર સપાટી જેની એક ધાર પ્રવાહીની સપાટીની અંદર હોય છે, જેમકે ડાક ગેટ અથવા રલુસ ગેટ, તેમાં દબાણનું મધ્યબિંદુ પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી ૩ ઉંડાઈએ આવેલાં અને ડુબેલા ભાગની પહોળાઈનાં મધ્ય આગળનાં બિંદુ આગળ હોય છે.

**પાણીને રોકી રાખવા માટેની દીવાલ ઉપરનું પાણીનાં દબાણનું તે દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારું કાર્ય.**—આ કાર્ય નક્કી કરવા માટે દીવાલની એક ફુટ લંબાઈનો ભાગ હમેશાં લેવામાં આવે છે, કારણ કે એમ માની લેવામાં આવે છે કે દીવાલની એક ફુટ લંબાઈ ઉપર જે ડાંઘ અને છે તે દરેક બીજા ભાગ ઉપર એક સરખી રીતે અને છે. આ પ્રમાણે હોવાથી—

દીવાલની ડુબેલી સપાટી ઉપરનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ (લઘ્ધ દબાણ) =  $P =$  ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  પાણીની છુટી સપાટીથી ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ  $\times$  એક ધનફુટ પાણીનું વજન.

$$\therefore \text{રીઝલ્ટન્ટ દબાણ } P = 1' \times H \times \frac{H}{2} \times 62.5$$

$$= \frac{H^2}{2} \times 62.5 \text{ પૌંડ}$$

પણ રીઝલ્ટન્ટ દબાણ  $P$  પાણીની છુટી સપાટીથી ૩ ઉંડાઈએ એટલે તળીયાંથી ૩ ઉંડાઈએ કાર્ય કરે છે, અને તે દીવાલને તળીયાં અથવા પાયા આસપાસ ઉથલાવી નાંખવાનું વલણ કરશે. માટે તળીયાં અથવા પાયા આસપાસનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ  $P$ નું મોમેન્ટ  $= P \times \frac{H}{3}$  ફુટ-પૌંડ છે. દીવાલના ધ્યાનમાં લીધેલા એક ફુટ લંબાઈના ભાગનું વજન  $W$  પૌંડ જે દીવાલનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે તે આ ઉથલાવી નાંખવાનું વલણ કરતાં મોમેન્ટની સામે થાય છે. તળીયાં અથવા પાયાની આસપાસનું  $W$ નું મોમેન્ટ  $P$ નાં મોમેન્ટની વિરુદ્ધ દિશામાં છે અને તે  $W \times$  ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ આગળની દીવાલની અર્ધ જગાઈ જેટલા ફુટ-પૌંડનું થશે. જો  $P$ નું મોમેન્ટ  $W$ નાં મોમેન્ટ કરતાં ઓછું હોય તો દીવાલ ઉથલાઈ જશે. સલામતી માટે વ્યવહારમાં ઉથલાવી નાંખનારું મોમેન્ટ વધુમાં વધુ સામે થતાં  $W$ નાં મોમેન્ટ કરતાં હમેશાં અતિશય ઓછું રાખવામાં આવે છે.

**દાખલો ૨૧.**—પાણીને રોકનારી ૧૫૦ ફુટ લાંબી દીવાલની એક ઉભી બાજુએ પાણીની ઉંડાઈ ૧૬ ફુટ છે, તો તે દીવાલ ઉપર આવતું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો, અને દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારું મોમેન્ટ શોધો.

દીવાલની ઉભી બાજુ ઉપરનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ =

$P =$  દીવાલની કુભેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  પાણીની છુટી સપાટીથી ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ  $\times$  એક ઘનફુટ પાણીનું વજન.

$$\therefore P = 150 \times 16 \times \frac{1}{2} \times 62.5 = 92,000,000 \text{ પૌંડ}$$

$$\text{દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારું મોમેન્ટ} = P \times \frac{H}{3} = 92,000,000 \times \frac{16}{3}$$

$$= 480,000,000 \text{ ફુટ-પૌંડ}$$

**દાખલો ૨૨.**—જો દાખલા ૨૧માં આપેલી દીવાલનું છેદચિત્ર કાટકોણ ચોખુણાકાર હોય, તેનું વજન દર ધનકુટ દીઠ ૧૨૦ પૌંડ હોય, અને દીવાલની ઉંચાઈ ૨૦ ફુટ હોય, તો દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારાં બમણાં મોમેન્ટ જેટલું તેની સામે થનારું મોમેન્ટ મેળવવા માટે દીવાલની જડાઈ કેટલી રાખવી જોઈશે ?

$$\text{દીવાલનું ધનમાપ} = ૧૫૦ \times ૨૦ \times T = \text{ધનકુટ}$$

$$\therefore \text{દીવાલનું વજન} = ૧૫૦ \times ૨૦ \times T \times ૧૨૦ \text{ પૌંડ}$$

દીવાલનું છેદચિત્ર કાટકોણ ચોખુણાકાર છે, માટે તેનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ દીવાલની જડાઈનાં મધ્યમાં છે, માટે દીવાલનાં વજનનો લીવરેજ =  $\frac{\text{દીવાલની જડાઈ } T}{૨}$  છે.

$$\therefore \text{દીવાલનાં વજનનું મોમેન્ટ} = \text{દીવાલનું વજન} \times \text{તેનો લીવરેજ}$$

$$= ૧૫૦ \times ૨૦ \times T \times ૧૨૦ \times \frac{T}{૨}$$

પણ દીવાલનાં વજનનું આ મોમેન્ટ ઉથલાવી નાંખનારાં મોમેન્ટનું બમણું રાખવાનું છે.

$$\therefore ૬૪૦૦૦૦૦૦ \times ૨ = ૧૫૦ \times ૨૦ \times T \times ૧૨૦ \times \frac{T}{૨}$$

$$૧૨૮૦૦૦૦૦૦ = ૧૮૦૦૦૦ \times T^2$$

$$\therefore T^2 = \frac{૧૨૮૦૦૦૦૦૦}{૧૮૦૦૦૦} = ૭૧૧.૧$$

$$\therefore T = \sqrt{૭૧૧.૧} = \underline{૨૬.૬૬ \text{ ફુટ}}$$

**નક્કર પદાર્થને પ્રવાહીમાં ડુબાડવા વિષે.**—જો એક નક્કર પદાર્થને કોઈપણ દ્રવ પદાર્થ એટલે ફ્લુઈડ (fluid) પછી ગમે તો તે પ્રવાહી અથવા વાયુ હોય તેમાં ડુબાડવામાં આવે, તો તે તેનાં ખોતાનાં કદ અથવા ધનમાપ (વોલ્યુમ)ની બરાબરના તે પ્રવાહીના જથ્થાને ખસેડે છે. અભેદતા (impenetrability)ના નિયમ ઉપરથી આ સ્પષ્ટ છે.

અભેદતાનો નિયમ એ છે કે—“ એ પદાર્થો એકી વેળાએ એકજ જગ્યામાં સમાઈ શકતા નથી.”

આ ઉપરથી આપણને કોઈ પણ વાંકાયુંકા પદાર્થનું કદ એટલે વોલ્યુમ (ધનમાપ) શોધવાની રીત મળે છે, જે નીચે પ્રમાણે છે:—

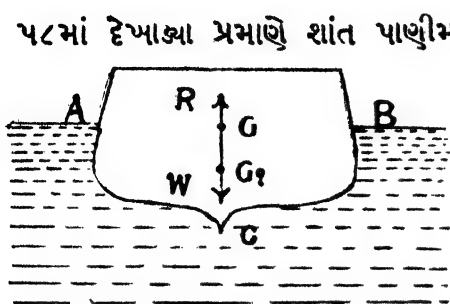
જે પદાર્થનું કદ અથવા ધનમાપ (વોલ્યુમ) શોધવું હોય તેને પાણીથી છલાછલ ભરેલાં એક વાસણમાં ડુબાડી તે પદાર્થે ખસેડેલો પાણીનો જથ્થો જે તે વાસણમાંથી ઉભરાઈને બહાર પડે છે તે બીજાં વાસણમાં ઝીલી લઈ તેને જાણીતાં કદ (વોલ્યુમ)નાં મેઝર-ગ્લાસમાં રેડી તેનું કદ અથવા ધનમાપ (વોલ્યુમ) તપાસી નક્કી કરવું. પદાર્થે ખસેડેલાં પાણીનાં આ કદ અથવા ધનમાપની બરાબર તે પદાર્થનું કદ અથવા ધનમાપ છે. આ નિયમ આર્કિમીડીસ (Archimedes) નામના ગ્રીસ દેશના બૂમિતિ શાસ્ત્રી અને તત્વજ્ઞાની (ફિલસુફ) એ ઈસ્વી સન પૂર્વે ૨૫૦નાં સાલમાં પહેલ વહેલો શોધ્યો હતો. આ શોધની વાર્તા નીચે પ્રમાણે લખાયેલી છે:—

તે વખતના હીરો (Hero) નામના એક રાજાએ તાજ બનાવવા માટે ચોક્કસ વજનનું સોનું એક સોનીને આપ્યું. સોની પોતાને ઘેર તાજ તૈયાર કરીને દરબારમાં લઈ ગયો અને રાજાને તે તાજ હવાલે કર્યું. સોનાનો કેટલોક ભાગ સોનીએ ચોરી પોતાને ત્યાં રાખ્યો હશે એવો શક રાજાનાં મનમાં ઉત્પન્ન થયો, તેથી તેણે તે તાજનું વજન કરાવ્યું. પણ તેને માલમ પડ્યું કે સોનાનું જેટલું વજન તેણે સોનીને આપ્યું હતું તેટલુંજ બરાબર વજન તાજનું થયું. તોપણ આ અજમાયશથી રાજાને હજી સંતોષ થયો નહીં, તેથી તેણે પોતાના દરબારના તત્વજ્ઞાની (ફિલસુફ) નામે આર્કિમીડીસની સલાહ લીધી, અને તે તાજમાં કાંઈ ભેળ કરેલો છે કે કેમ તે શોધી કાઢવાને રાજાએ આર્કિમીડીસને કહ્યું. દરબાર બરખાસ્ત થયા બાદ આર્કિમીડીસ પોતાને ઘેર ગયો અને નોકરને નાહવાનું પાણી કાઢવાને હુકમ કર્યો. નોકરે નાહવા માટેનાં વાસણ (બાથ Bath)ને છલાછલ પાણીથી ભર્યું હતું.

જેવોજ આર્કિમીડીસ નાહવાનાં વાસણમાં ઉતર્યો તેવુંજ વાસણમાંથી પાણી ઉભરાઈને બહાર પડતું તેને માલમ પડ્યું. તેણે તુરતજ અનુમાન કર્યું કે જે પાણી ઉભરાઈને બહાર પડ્યું છે તેનું કદ અથવા ધનમાપ પોતાનાં શરીરના કુબેલા ભાગનાં કદ અથવા ધનમાપની બરાબર હોતું જોઈએ. આ શોધથી તે એટલો બધો ખુશી થઈ ગયો કે તે નાહવાનાં વાસણમાંથી એકદમ બહાર કુદી પડ્યો અને નમ્ર સ્થિતિમાં સીધા રાજા પાસે દોડતો જઈ બુમ પાડી ઉઠ્યો કે “ મેં શોધ્યું છે ! મેં શોધી કાઢ્યું છે ! ” ત્યાર પછી તેણે રાજાએ જેટલા વજનનું સોનું સોનીને આપ્યું હતું તેટલાજ વજનનું ચોખ્ખું સોનું લઈને તાજ ઉપર પ્રયોગ કરવાનું શરૂ કર્યું. તેણે પહેલાં ચોખ્ખાં સોનાનાં ટુકડાને પાણીથી છલાછલ ભરેલાં વાસણમાં કુબાડી જેટલું પાણી વાસણમાંથી ઉભરાઈને બહાર પડ્યું તે તપાસ્યું. ત્યાર પછી તેણે જેટલાં વજનનું સોનું લીધું હતું તેટલાંજ વજનનું રૂપું લઈ ઉપલીજ રીતે તેનું કદ અથવા ધનમાપ (વોલ્યુમ) નક્કી કર્યું, અને છેવટે એજ પ્રમાણે તાજનું કદ અથવા ધનમાપ નક્કી કર્યું. આ પ્રમાણે પ્રયોગ કરતાં તેને માલમ પડ્યું કે તાજ જેટલાંજ વજનનાં ચોખ્ખાં સોનાએ પાણીનાં જેટલાં કદ અથવા ધનમાપને ખસેડ્યું હતું તેનાં કરતાં તાજે વધુ કદનાં પાણીને ખસેડ્યું છે. આ મનોરંજક રીતે તેણે સોનીએ કરેલો દગો શોધી કાઢ્યો, અને કુદરતનો નિયમ શોધ્યો.

**તરતા પદાર્થો ઉપર કાર્ય કરતાં જોરો.**—જ્યારે એક પદાર્થ ખીલકુલ પ્રવાહી વડે ટેકવાય છે ત્યારે તે પદાર્થ તરે છે એમ કહેવાય છે. જ્યારે એક પદાર્થ પ્રવાહી ઉપર તરે છે ત્યારે તે ઉપર બે રીઝલ્ટન્ટ જોરો કાર્ય કરે છે. આ જોરોમાંનું એક જોર તેનું પોતાનું વજન છે અને ખીજું તેની બાજુઓ અને તળીયાં ઉપરનું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ છે. એક પદાર્થ પ્રવાહી ઉપર તરી શકે તે માટે તે પદાર્થ ઉપર કાર્ય કરતાં આ જોરો સમતોલપેણામાં હોવાં જોઈએ. આકૃતિ





આકૃતિ ૫૮.

અને ખીજું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ છે જે વહાણે ખસેડેલાં પાણીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ  $G_1$  માંથી થઇને ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર  $R$  છે. વહાણની બાજુઓ ઉપર કાર્ય કરતાં પાણીનાં આડી દિશાનાં દબાણો સામસામી દિશામાં કાર્ય કરતાં હોવાથી તેઓ પોતાની મેળેજ સમતોલપણમાં છે એને તેઓ માત્ર વહાણને દબાવવાનું વલણ કરે છે, તેથી તેઓ આ બાબતમાં કશી અસર કરતાં નથી. પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ  $R$  વહાણનાં વજન  $W$  ને સમતોલ કરે છે, તેટલા માટે  $W$  નાં કાર્યની સીધી રેખામાં ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું પાણીનું ઉભું જોર  $R$  નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતાં વહાણનાં વજન  $W$  ની બરાબર હોવાં જોઇએ, નહિતર વહાણ પાણીની ઉપર ઉડકાઇ આવશે અથવા પાણીમાં ડુબી જશે. પાણીની તરણુશીલ અસરને લીધેનાં આ જોર  $R$  ને “ તારક શક્તિ ” અથવા “ તરણુ શક્તિ ” એટલે “ બોયેન્સી ” (Buoyancy) કહેવામાં આવે છે.

નીચલી દલીલ દર્શાવશે કે ગમે તે આકારના એક પદાર્થ ઉપરનું પ્રવાહીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ ઉભી દિશામાં ઉપલી તરફ કાર્ય કરે છે અને તે દબાણ તે પદાર્થ જેટલો પ્રવાહી ખસેડે છે તેનાં વજનની બરાબર છે. ધારો કે કોઇ પણ આકારનો એક પદાર્થ પછી ગમે તો તે સરખા કદનો અથવા વાંકોડાં કો હોય તન શાંત પ્રવાહીમાં ઘુસાડવામાં આવે, તો તે સ્થાપ્ત રહે છે, અને તેટલા માટે તે પદાર્થ તેનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થતાં ઉભી દિશામાં ઉપલી તરફ કાર્ય

વહાણનો દાખલો લઇશું. આ વહાણ ઉપર બે રીઝલ્ટન્ટ જોરો કાર્ય કરે છે, જેમાંનું એક જોર વહાણનું પોતાનું વજન છે જે વહાણનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ  $G$  માંથી થઇને નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું ઉભું જોર  $W$  છે.

કરતાં અને તેનાં વજનની બરાબરનાં તેની આબુઆબુનાં પ્રવાહીનાં દબાણને લીધે આવતાં જોરને આધિન હોવા જોઈએ. ધારે કે તે પદાર્થની આબુઆબુનું પ્રવાહી બંધાઈ જઈ નક્કર બને છે, અને તેથી તે પદાર્થનો આકાર તેમાં જળવાઈ રહે છે. હવે જો તે પદાર્થ ઉંચકી લેવામાં આવે, અને તેના આકારના ખાડામાં તે ખાડો બરાબર ભરાય એમ સપાટી સુધી તેજ જતનો પ્રવાહી રેડવામાં આવે, અને ત્યાર પછી બંધાઈ ગયલાં પ્રવાહીને પાછું પ્રવાહી સ્થિતિમાં લાવવામાં આવે, તો ખાડામાં રેડેલાં પ્રવાહી ઉપરનું દબાણ જ્યારે પદાર્થ પ્રવાહીમાં હતો ત્યારે તે ઉપર જે દબાણ આવતું હતું તે દબાણની તદ્દન બરાબર હશે. જ્યારે આ પ્રમાણે છે ત્યારે ખાડામાં રેડેલાં પ્રવાહીનું વજન અને પદાર્થનું વજન એ બન્ને સરખાં હોવાં જોઈએ, કારણ કે દરેક તેની આબુઆબુનાં પ્રવાહીનાં રીઝલ્ટન્ટ દબાણ ઠીની બરાબર છે. પણ પ્રવાહીની આબુઆબુનું આ રીઝલ્ટન્ટ દબાણ માત્ર ઉંડાઈ ઉપર આધાર રાખે છે, અને તેટલા માટે તે દબાણ ગમે તો નક્કર વડે અથવા તો પ્રવાહી વડે જગ્યા રોકવામાં આવે તોપણ તેજરહે છે. તેટલા માટે તે પદાર્થનું વજન જે પ્રવાહીને તેણે ખસેડ્યું છે તે પ્રવાહીનાં વજન જેટલું છે, અને તે પદાર્થ અને ખસેડેલાં પ્રવાહીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુઓને જોડનારી સીધી લીટી ઉભી હોય છે. ખસેડેલાં પ્રવાહીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ જેમાંથી થઈને પ્રવાહીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ કાર્ય કરે છે તેને “તારક શક્તિનું મધ્યબિંદુ” એટલે “સેન્ટર ઓફ બોયેન્સી” (Centre of Buoyancy) કહે છે. આ ઉપરથી આપણને નીચે પ્રમાણેનો નિયમ મળે છે, અને તે નિયમને આર્કિમીડીસનો નિયમ કહેવામાં આવે છે:—

**આર્કિમીડીસનો નિયમ.**—જ્યારે એક પદાર્થને પ્રવાહીમાં પુરેપુરો અથવા થોડે ભાગે ઘુસાડવામાં આવે ત્યારે જેટલાં પ્રવાહીને પદાર્થે ખસેડ્યું હોય તેનાં વજનની બરાબરનાં જોરથી પ્રવાહી તે પદાર્થને ઉભી દિશામાં ઉપલી તરફ દબાવે છે અને આ જોર ખસેડેલાં પ્રવાહીનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે એમ લેવામાં આવે.

કેટલાક પદાર્થો પાણી ઉપર તરે છે અને કેટલાક પાણીમાં ડુબી જાય છે તેનું કારણ આ નિયમથી આપણે સમજી શકીએ છીએ. જ્યારે પદાર્થનું વજન સરખાં કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં ઓછું થાય છે ત્યારે તે પદાર્થ પાણી ઉપર તરે છે, અને જ્યારે પદાર્થનું વજન સરખાં કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં વધારે થાય છે ત્યારે તે પદાર્થ પાણીમાં ડુબી જાય છે. દાખલા તરીકે આપણે ખાલી લોખંડની બાલદીને પાણીમાં મુકીશું તો તે પાણી ઉપર તરશે, પરંતુ બાલદી જેટલાંજ વજનનો લોખંડનો કકડો લઈ તેને પાણીમાં મુકીશું તો તે ડુબી જશે. એનું કારણ એ છે કે બાલદી પોકળ છે અને તેમાં વાયુ ભરેલો છે, અને તેથી બાલદી અને વાયુનું વજન તેટલાંજ કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં ઓછું થાય છે, જ્યારે લોખંડનો નાનો કકડો થોડી જગ્યા રોકી તેનાં જેટલા કદનાં પાણી કરતાં વજનમાં ભારે થાય છે. બાલદીનો થોડો ભાગ પાણીમાં ડુબે છે ત્યારે તે જેટલું પાણી ખસેડે છે તેટલાં પાણીનું વજન બાલદી અને તેની અંદરના વાયુનાં વજનની બરાબર છે, તેથી બાલદી પાણી ઉપર ઉભી દિશામાં નીચલી તરફ વધારે દબાણ કરી શકતી નથી.

લોહાનું દ્રવ્ય (ધટ્ટપાણું એટલે કેન્સીટી) પાણી કરતાં વધારે ઘટ્ટ હોય છે, છતાં લોખંડની બનાવેલી ભારે સ્ટીમરો (વરાળચંત્રથી ચાલતાં વહાણો) તેમાં ભરેલા લગ્નરો ટન વજનના માલ સાથે પાણી ઉપર તરે છે, કારણ કે સ્ટીમરનું, તેમાં ભરેલા માલનું, અને તેમાં રહેલા વાયુનું કુલ વજન સ્ટીમરના પાણીમાં ડુબેલા ભાગ વડે જેટલું પાણી ખસે છે તેટલાં પાણીનાં વજનની બરાબર થાય છે, એટલે આખી સ્ટીમરનું કુલ વજન સરખાં કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં બહુ ઓછું છે, જેથી સ્ટીમર પાણી ઉપર તરી શકે છે.

**દાખલો ૨૩.**—એક કાટકાણુ ચોખુણાકાર ટાંકીનું તળીયું ૩ ફુટ સમચોરસ છે, અને તેમાં તળીયાંથી ૨ ફુટની ઊંચાઈ સુધી પાણી ભરેલું છે. આ ટાંકીમાં ૧૧૨ ફ્ર પૌન્ડનાં વજનનું એક લાકડાંનું દીમચું

(પ્રશ્નોક) જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ફુટ છે તે મુકવામાં આવે છે, અને તે પાણી ઉપર એવી રીતે તરે છે તેની બાજુઓ ઉભી રહે છે અને આ છેદચિત્ર આડી દિશામાં રહે છે; તો આ ઢીમચું મુકવાથી ટાંકીમાં પાણી કેટલું ઉંચે ચઢશે, અને તે વેળાએ ટાંકીની એક ઉભી બાજુ ઉપર કેટલું દબાણ હશે ?

ઢીમચું પોતાનાં વજન જેટલાં પાણીને ખસેડશે, અને જેટલાં પાણીને ખસેડવામાં આવશે તેટલું પાણી ટાંકીમાં ઉંચે ચઢશે, એટલે ઢીમચાંનો જેટલો ભાગ પાણીમાં ડુબેલો હશે તેનાં કદની બરાબરનું પાણી ખસશે.

ધારો કે,  $w$  = ઢીમચાંએ ખસેડેલાં પાણીનું કદ અથવા ધનમાપ (વોલ્યુમ) જે ટાંકીમાં ઉંચે ચઢી વધારાની જગ્યા રોકે છે.

$\therefore w \times 62.5 =$  ઢીમચાંએ ખસેડેલાં પાણીનું વજન જે ઢીમચાંનાં વજનની બરાબર છે.

$$\therefore w \times 62.5 = 112.5$$

$$\therefore w = \frac{112.5}{62.5} = 1.8 \text{ ધનફુટ.}$$

પાણીની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ =  $3 \times 3 = 9$  ચો. ફુટ

$$\therefore 9 \times \text{ઉંચાઈ} = 1.8$$

$$\therefore \text{ઉંચાઈ} = \frac{1.8}{9} = 0.2 \text{ ફુટ} = \underline{2.4 \text{ ઇંચ.}}$$

જ્યારે પાણી ૦.૨ ફુટ જેટલું ઉંચે ચઢશે ત્યારે ઉભી બાજુની પાણીમાં ડુબેલી સપાટીની ઉંચાઈ =  $2 + 0.2 = 2.2$  ફુટ, અને પહોળાઈ ૩ ફુટ છે.

$\therefore$  ઉભી બાજુની પાણીમાં ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ =  $3 \times 2.2$  ચો. ફુટ

પાણીની નવી જુદી સપાટીથી બાજુનાં ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની

$$\text{ઉંચાઈ} = \frac{2.2}{2} \text{ ફુટ.}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ઉભી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ} &= 3 \times 2.2 \times \frac{2.2}{2} \times 62.5 \\ &= \underline{453.75 \text{ પૌંડ.}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૨૪.**—૧૨ ઇંચ વ્યાસનાં અને ૨૪ ઇંચ ઉંડાં સોખંડનાં પત્રાનાં એક ખાલી પીપ (ડમ)ને એક વાસણુ જેમાં ૨૧ ઇંચ ઉંડું પાણી ભરેલું છે તેમાં ડુબાડી દેવાનું છે, તો આ પીપ પાણી ઉપર ઉઠ્યાકાં ન આવે તે માટે તેની ઉપર કેટલું વજન મુકવું પડશે તે શોધો.

પીપ જેટલાં પાણીને ખસેડશે તેટલાં પાણીનાં વજન બરાબરનું વજન પીપ ઉપર મુકવું જોઈએ.

$$\begin{aligned}\text{પીપે ખસેડેલાં પાણીનું ધનમાપ} &= ૧ \times ૧ \times ૭૮૫૪ \times ૧.૭૫ \\ &= ૧૦૭૪૪૫ \text{ ધનફુટ}\end{aligned}$$

$$\text{પીપ ઉપર જોઈતું વજન} = ૧૦૭૪૪૫ \times ૬૦.૫ = ૮૫.૯૦૩૧૨૫ \text{ પૌંડ}$$

**દાખલો ૨૫.**—એક કાટકોણ ચોખ્ખણાકાર વાસણુ જેનું વજન ૬૭૫ પૌંડ છે તેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ પાણીની સપાટી આગળ ૩૦ ચોરસ ફુટ છે, અને તેમાં એટલી હદે વજન મુકેલું છે કે જેથી તેનું તળીયું પાણીમાં ૫ ફુટની ઉંડાઈએ ડુબેલું છે, તો તે વાસણુમાં કેટલું વજન મુકવામાં આવ્યું હશે તે શોધો. વળી જો તે વાસણુમાં ૨૩૨૫ પૌંડનું વજન મુકવામાં આવે તો તેનું તળીયું કેટલી ઉંડાઈએ પાણીમાં ડુબશે ?

$$\text{વાસણુ ખસેડેલાં પાણીનું ધનમાપ} = ૩૦ \times ૫ = ૧૫૦ \text{ ધનફુટ}$$

$$\therefore \text{વાસણુ ખસેડેલાં પાણીનું વજન} = ૧૫૦ \times ૬૦.૫ = ૯૦૭૫ \text{ પૌંડ.}$$

$$\begin{aligned}\text{પણ વાસણુ ખસેડેલાં પાણીનું વજન} &= \text{વાસણુનું વજન} + \text{તે} \\ &\quad \text{ઉપર લાધેલું વજન.}\end{aligned}$$

$$\therefore ૬૭૫ + \text{લાધેલું વજન} = ૯૦૭૫.$$

$$\therefore \text{લાધેલું વજન} = ૯૦૭૫ - ૬૭૫ = ૮૪૦૦ \text{ પૌંડ}$$

$$\begin{aligned}\text{વાસણુ ખસેડેલાં પાણીનું વજન} &= \text{વાસણુનું વજન} + \text{તે ઉપર} \\ &\quad \text{લાધેલું વજન}\end{aligned}$$

$$= ૬૭૫ + ૨૩૨૫ = ૩૦૦૦ \text{ પૌંડ.}$$

પણ વાસણે ખસેડેલાં પાણીનું વજન = વાસણનું પાણીની સપાટી આગળનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  ઉંડાઈ  $\times$  ૬૨.૫.

$$\therefore ૩૦૦૦ = ૩૦ \times \text{ઉંડાઈ} \times ૬૨.૫$$

$$\therefore \text{ઉંડાઈ} = \frac{૩૦૦૦}{૩૦ \times ૬૨.૫} = \underline{૧.૬ \text{ ફૂટ}}$$

**દાખલો ૨૬.**—એક ધનાકાર પેટી (ક્યુબીકલ બોક્સ) જેની બાજુની લંબાઈ ૨ ફૂટ છે તેમાં ૩૭૬.૨૫ પૌંડનું વજન મુકવાથી તે પાણીમાં એવી રીતે તરે છે કે તેનું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૧ ફૂટ ૭ $\frac{૧}{૨}$  ઇંચ નીચે રહે છે, તો તે પેટીનું વજન શોધો.

$$\text{પેટીએ ખસેડેલાં પાણીનું ધનમાપ} = ૨ \times ૨ \times ૧\frac{૩}{૪} = ૬.૫ \text{ ધનફૂટ.}$$

$$\therefore \text{પેટીએ ખસેડેલાં પાણીનું વજન} = ૬.૫ \times ૬૨.૫ = ૪૦૬.૨૫ \text{ પૌંડ.}$$

પણ પેટીએ ખસેડેલાં પાણીનું વજન = પેટીનું વજન + તેમાં મુકેલું વજન.

$$૪૦૬.૨૫ = \text{પેટીનું વજન} + ૩૭૬.૨૫$$

$$\therefore \text{પેટીનું વજન} = ૪૦૬.૨૫ - ૩૭૬.૨૫ = \underline{૩૦ \text{ પૌંડ.}}$$

**દાખલો ૨૭.**—એક કાટકાણ ચોખ્ખાકાર પોન્ટૂન (Pontoon) વહાણો ઉપર માલ ચઢાવવા કિતારવા માટેના તરતો ડક્કો) જે ૧૦૦ ફૂટ લાંબુ અને ૩૦ ફૂટ પહોળું છે તેને મીઠાં પાણીમાં ૮ ફૂટનો ડ્રફ્ટ (draught એટલે તરવા માટે જોઈતી ઉંડાઈ) છે, એટલે પોન્ટૂનનું ચપટું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૮ ફૂટ નીચે છે, તો પોન્ટૂનનું વજન શોધો. ધારોકે પોન્ટૂનનું વજન તેજ કાયમ રહે અને પોન્ટૂન દરીઆનાં પાણીમાં તરતું રાખવાનું હોય તો ડ્રફ્ટ (draught) કેટલો હશે? દર ધનફૂટ દીઠ મીઠાં પાણીનું વજન ૬૨.૫ પૌંડ અને દરીઆનાં પાણીનું વજન ૬૪ પૌંડ છે.

$$\begin{aligned} \text{પોન્ટૂને ખસેડેલાં મીઠાં પાણીનું વજન} &= ૧૦૦ \times ૩૦ \times ૮ \times ૬૨.૫ \\ &= ૧૫૦૦૦૦૦ \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\text{પણ પોન્ટૂને ખસેડેલાં પાણીનું વજન} = \text{પોન્ટૂનનું વજન}$$

$$\therefore \text{પોન્ટૂનનું વજન} = ૧૫૦૦૦૦૦ \text{ પૌંડ} = \underline{૬૬૮.૬ \text{ ટન}}$$

## કુબેલા પદાર્થનું સમતોલપણું જળવનારું જોર ૨૮૯

પોન્ટ્રને ખસેડેલાં દરીયાનાં પાણીનું વજન = પોન્ટ્રનનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  ડ્રાફ્ટ (ડિપાઇ)  $\times$  ૬૪.

પણ પોન્ટ્રનનું વજન = પોન્ટ્રને ખસેડેલાં દરીયાનાં પાણીનું વજન  
 $૧૫૦૦૦૦૦ = ૧૦૦ \times ૩૦ \times$  ડ્રાફ્ટ  $\times$  ૬૪

$$\therefore \text{ડ્રાફ્ટ} = \frac{૧૫૦૦૦૦૦}{૧૦૦ \times ૩૦ \times ૬૪} = \underline{૭.૮૧૨૫ \text{ ફુટ}}$$

**તમામ કુબેલા પદાર્થનું પાણીમાં સમતોલપણું જળવવા માટે જોઈતું જોર.**—આર્કિમીડીસના નિયમ પ્રમાણે આપણે શીખી ગયા છીએ કે જ્યારે એક પદાર્થ પાણીમાં તમામ કુબેલા હોય ત્યારે તે ઉપર તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન બરાબરનું ઉપલી દિશાનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ આવે છે. એ ઉપરથી એમ સાબીત થાય છે કે જો પદાર્થનું વજન તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન કરતાં વધારે હોય તો નીચલી દિશાનું જોર તે પદાર્થનું સમતોલપણું જળવવા માટે જોઈશે. ધારો કે,  $W$  = પાણીમાં તમામ કુબેલા પદાર્થનું વજન.

$R$  = તારક્ષકિત (બોયેન્સી) એટલે તે પદાર્થે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન બરાબરનું ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું ઉર્બું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ.

$P$  = પદાર્થનું સમતોલપણું જળવવા માટે જોઈતું જોર.

જ્યારે પદાર્થનું વજન  $W$  તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન  $R$  કરતાં વધારે હોય ત્યારે પદાર્થનું સમતોલપણું જળવવા માટે જોઈતું જોર  $P$  ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરશે, માટે  $P + R = W$ .

જ્યારે પદાર્થનાં વજન  $W$  કરતાં તેણે ખસેડેલાં પાણીનું વજન  $R$  વધારે હોય ત્યારે પદાર્થનું સમતોલપણું જળવવા માટે જોઈતું જોર  $P$  નીચલી દિશામાં કાર્ય કરશે, માટે  $P + W = R$ .

**વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ એટલે સ્પેસીફીક ગ્રેવીટી.**—કોઈ પણ પદાર્થનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ એ અંશિક કદ અથવા ધનમાપનાં તે પદાર્થનું દ્વામાં તોલતાં જે વજન થાય તેને તેટલાંજ કદ અથવા ધનમાપનાં

સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીનાં વજન સાથે સરખાવતાં જે પ્રમાણ આવે તેને “વિશિષ્ટ ગુરુત્વ” એટલે “સ્પેસીફીક ગ્રેવીટી” (specific gravity) કહે છે. પાણી કરતાં વધુ ભારે પદાર્થનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ પ્રયોગ વડે નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય:—

જે પદાર્થનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ શોધવું હોય તેને પહેલાં હવામાં તોલી વજન નોંધી લેવું; ત્યાર પછી તેને  $60^{\circ}\text{F}$ નાં ઉષ્ણતામાન (ટેમ્પરેચર)-વાળાં સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં ડુબાડી તોલવું. આ વેળાએ તે પદાર્થનું વજન તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન જેટલું એટલે તારકશક્તિ (બોયેન્સી) જેટલું ઓછું થશે. તેટલા માટે જ્યારે પદાર્થ પાણીમાં હોય ત્યારે તેનાં વજનમાં થતી ખોટ તે પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન દર્શાવે છે.

ધારો કે,  $W$  = આપેલા પદાર્થનું હવામાં વજન.

$P$  = તે પદાર્થનું પાણીમાં વજન.

$R$  = તે પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન.

પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન =  $R = W - P$

$$\therefore \text{વિશિષ્ટ ગુરુત્વ} = \frac{W}{R} = \frac{W}{W - P}$$

$$\therefore \text{પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન} = R = \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરુત્વ}}$$

આ ઉપરથી સાબીત થાય છે કે આપણે સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં તમામ ડુબેલા નક્કર પદાર્થની તારકશક્તિ (બોયેન્સી) તે પદાર્થનાં વજનને તેનાં વિશિષ્ટ ગુરુત્વ વડે ભાગીને નક્કી કરી શકાએ.

તમામ ડુબેલા પદાર્થનું સમતોલપણું જનવવા માટે જોઈતાં જોરના નિયમને લાગુ પાડી પાણી કરતાં ભારે પદાર્થનાં વિશિષ્ટ ગુરુત્વ શોધી શકાય છે. ત્યારે  $P + R = W$

$$\text{પણ } R = \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરુત્વ}}$$

$$\therefore P + \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરુત્વ}} = W$$



$$\therefore \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ}} = W - P$$

$$\therefore \text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} \times (W - P) = W$$

$$\therefore \text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} = \frac{W}{W - P}$$

**દાખલો ૨૮.**—નરમ પોલાદના એક સેટ સ્કુને હવામાં તોલતાં તેનું વજન ૦.૨૫ પૌંડ છે, અને જ્યારે તેને પાણીમાં તમામ ડુબાડી તોલવામાં આવ્યો ત્યારે તેનું વજન ૦.૨૧૮ પૌંડ માલમ પડ્યું, તો તેનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શોધો.

$$\begin{aligned} \text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} &= \frac{W}{W - P} \\ &= \frac{.૨૫}{.૨૫ - .૨૧૮} = \frac{.૨૫}{.૦૩૨} = ૭.૮ \end{aligned}$$

**દાખલો ૨૯.**—એક સબમરીન (Submarine દરિયામાં ડુબકી મારતું વહાણ)નું વજન ૨૦૦ ટન છે અને તેને નુકશાન થવાથી તે પાણીથી ભરાઈને દરિયાની તળીયે પડેલું છે. સબમરીન જે ધાતુનું બનેલું છે તે ધાતુનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૭.૮ છે. તો તે સબમરીનને પાછું તરતું કરવા માટે તળીયેથી ઉપાડવા માટે ઉપાડનારી સાંકળે કેટલું ખેંચાણ કરવું જોઈએ તે શોધો.

સબમરીનનું વજન  $W$  તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન  $R$  કરતાં વધારે છે, કારણ કે તેમાં પાણી ભરાઈ ગયેલું છે; માટે સબમરીનનું સમતોલપણું નળવવા માટે જોઈતું જોર  $P$  ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરવું જોઈશે, એટલે સબમરીનને પાણીમાં ઉપાડવા માટે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું  $P$  જોર જોઈશે, અને જોરની બરાબરનું ખેંચાણ સાંકળ ઉપર આવશે.

સબમરીનની ધાતુનાં એક ધનકુટ દીઠ વજન =  $૭.૮ \times ૬૨.૫$  પૌંડ.

$$\therefore \text{સબમરીનનું વોલ્યુમ} = \frac{૨૦૦ \times ૨૨૪૦}{૭.૮ \times ૬૨.૫} \text{ ધનકુટ}$$

સખમરીને ખસેડેલાં પાણીનું વોલ્યુમ એટલે ધનમાપ = સખ-  
મરીનું વોલ્યુમ (ધનમાપ)

$$\therefore \text{સખમરીને ખસેડેલાં પાણીનું ધનમાપ (વોલ્યુમ)} = \frac{૨૦૦ \times ૨૨૪૦}{૭૮ \times ૬૨.૫}$$

દરિયાનાં પાણીનું વજન દર ધનકુટ દીઠ ૬૪ પૌંડ છે.

$\therefore$  સખમરીને ખસેડેલાં દરિયાનાં પાણીનું વજન અથવા

$$\text{બાયેન્સી} = R = \frac{૨૦૦ \times ૨૨૪૦}{૭૮ \times ૬૨.૫} \times \frac{૬૪}{૨૨૪૦} = ૨૬.૨ \text{ ટન.}$$

$$P + R = W$$

$$\therefore P = W - R$$

$$= ૨૦૦ - ૨૬.૨ = \underline{૧૭૩.૮ \text{ ટન.}}$$

### એકસર્સાઈઝ ૮મી.

૧. એક હાઈડ્રો-સેક્ટ્રીક પાવર સ્ટેશનથી પાણીનો તળાવ (રેઝરવોયર) ૧૭૩૦ ફુટની ઉંચાઈએ આવેલો છે. તો તે પાવર સ્ટેશનમાંનાં વોટર-વ્હીલ અથવા ટરબાઈનમાં પાણી દર ચોરસ ફીટ દીઠ કેટલા પૌંડનાં દબાણે દાખલ થવું હશે તે શોધો.

૨. એક ફુલકા મારનાર જ્યારે પાણીની સપાટીથી ૪૦ ફુટની ઉંચાઈએ સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં ફુલકા મારે છે, તો તેની સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

૩. એક ગોળાકાર ક્ષેત્ર જેનો વ્યાસ ૭ ફીટ છે તેને પાણીમાં ૬૦ ચારની ઉંચાઈએ ફાંટી દેવામાં આવેલો છે. તો તેની સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

૪. એક ઉભી નળી ૩ ફુટ લાંબી છે અને તેના અંદરનો વ્યાસ ૧ ફીટ છે. આ નળીને પાણી તથા પાણીનાં સરખાં કદ એટલે વોલ્યુમ વડે ભરેલો છે. જો પાણીનું વજન પાણીનાં વજનથી ૧૩.૫૬ ગણું હોય, તો પ્રવાહીના હેડને લીધે નળીનાં તળીયાં ઉપર દર ચોરસ ફીટ દીઠ આવતું દબાણ શોધો. વળી નળીમાં પાણી કેટલા પૌંડ હશે તે શોધો.

૫. પાણીના ૧૨૦ ફુટના હેડને લગતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણુ શોધો, અને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૫૦ પૌંડનાં દબાણુને લગતો પાણીનો હેડ ફુટમાં શોધો.

૬. એક નળાકાર ટાંકી જેનો વ્યાસ ૭ ફુટ છે તેને જમીન ઉપર તેની મધ્ય રેખા આડી દિશામાં રહે એમ મુકેલી છે; તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેના એક છેડા ઉપરનું કુલ દબાણુ શોધો. જે આ ટાંકીને તેલથી ભરેલી હોય તો તે છેડા ઉપર કુલ કેટલું દબાણુ પડશે તે શોધો. તેલનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૦.૮ છે.

૭. એક કાર્ટ્રાણુ ચોખ્ખાકાર ટાંકી ૧૦ ફુટ લાંબી, ૬ ફુટ છે પહોળી અને ૪ ફુટ ઉંડી છે અને તે મીઠાં (સ્વચ્છ) પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં અને ચારે બાજુ ઉપરનાં દબાણુ શોધો.

૮. જે દાખલા ૭માંની ટાંકીને દરિયાનાં પાણીથી ભરવામાં આવે તો તેનાં તળીયાં અને ચારે બાજુ ઉપર કેટલું દબાણુ પડશે ?

૯. એક શંકુ આકારની ટાંકીનાં ગોળાકાર તળીયાંનો વ્યાસ ૬ ફુટ અને ઉંડાઈ ૧૦ ફુટ છે અને તે સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણુ પડશે ?

૧૦. એક ઘનાકાર (ક્યુબીકલ) ટાંકી જેની બાજુઓ ઉભી છે તે જ્યારે પાણીથી સંપૂર્ણ ભરેલી હોય ત્યારે તેમાં ૪ ટન સ્વચ્છ પાણી સમાય છે, તો જ્યારે તે સ્વચ્છ પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાં અને તેની એક ઉભી બાજુ ઉપર કેટલું દબાણુ આવશે ?

૧૧. એક ઢળતાં તળીયાંવાળી કાર્ટ્રાણુ ચોખ્ખા ટાંકી પાણીથી ભરેલી છે. તેનાં તળીયાંની બે સામસામી સીધી બાજુઓમાંની દરેક ૬ ફુટ લાંબી છે, અને તેમાંની એક બાજુ પાણીની છુટી સપાટીથી ૫ ફુટની ઉંડાઈએ અને બીજી બાજુ ૩ ફુટની ઉંડાઈએ આવેલી છે. આ તળીયાંની બીજી બે ત્રાંસી બાજુઓમાંની દરેક ૮ ફુટ લાંબી છે, તો તે ટાંકીનાં ઢળતાં તળીયાં ઉપર પડતું કુલ દબાણુ શોધો.

૧૨. એક કાટકાણુ ચોખ્ખાકાર ટાંકી ૮ ફુટ લાંબી, ૫ ફુટ પહોળી, અને ૪ ફુટ ઉંડી છે, અને તે પાણીથી ભરેલી છે. આ ટાંકીનાં મથાળાંનાં ઢાંકણમાં વેલ પાડી તેમાં એક નળીને બેસાડી તે નળીમાં જ્યાં સુધી પાણીની સપાટી ટાંકીનાં તળીયાંથી ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએ પહોંચે ત્યાં સુધી તેમાં પાણી રેડવામાં આવે છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં, મથાળાં અને બાહુઓ ઉપરનાં દબાણુ શોધો. વળી જ્યારે પાણીને તે નળીમાં ૩ ફુટ નીચે ઉતારવામાં આવે ત્યારે તળીયાં, મથાળાં અને બાહુઓ ઉપર કેટલું દબાણુ આવશે ?

૧૩. પાણીથી ભરેલી ચોખ્ખા ટાંકીની એક ઉભી સપાટ બાહુમાં ૧૮ ઇંચ વ્યાસની એક ગોળાકાર પ્લેટને રીવેટથી જોડેલી છે. આ પ્લેટની ઉપલી ધાર પાણીની સપાટીથી ૬ ફુટ નીચે છે, તો તે પ્લેટ ઉપરનું દબાણુ શોધો.

૧૪. પાણીથી ભરેલી એક ટાંકીની બે સમાંતર બાહુઓ એક સરખી દળતી છે અને તેની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે. મથાળાં આગળ ટાંકીની પહોળાઈ ૧૩ ફુટ છે અને તળીયાં આગળ ૪ ફુટ છે ટાંકીની લંબ ઉંડાઈ ૬ ફુટ છે, અને બન્ને દળતી બાહુઓની ત્રાંસી ઉંચાઈ ૭ ફુટ છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ચારે બાહુ ઉપરનાં દબાણુ શોધો.

૧૫. એક લોખંડની ટાંકી ૮ ફુટ ઉંડી છે, તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાંની પ્લેટ ઉપર દર ચોરસ ફુટ દીઠ કેટલું દબાણુ પડશે અને તેની ઉભી બાહુઓ ઉપર દર ચોરસ ફુટ દીઠ કેટલું સરેરાશ દબાણુ પડશે ?

૧૬. એક કાટકાણુ ચોખ્ખાકાર ટાંકીનું તળીયું ૫ ફુટ સમચોરસ છે અને તેની બાહુઓ ઉભી છે. આ ટાંકી પાણીથી સંપૂર્ણ ભરેલી છે અને તેમાં ૬૨૦ ગેલન પાણી સમાયલું છે, તો તે ટાંકીની ઉંડાઈ શોધો અને તળીયાં તથા દરેક બાહુ ઉપરનાં દબાણુ શોધો.

૧૭. એક ધનાકાર ટાંકીમાં ૧૩૫૦ ગેલન પાણી સમાયલું છે, તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાં અને દરેક બાહુ ઉપરનાં દબાણુ શોધો.

૧૮. પાણીની પાઈપ ઉપર એક પ્રેશ્યોર ગેજ બેસાડેલો છે અને તે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫૦ પાંડનું દબાણ દર્શાવે છે, તો જે બિંદુ આગળ આ ગેજ બેસાડેલો છે તે બિંદુ પાણીની છુટી સપાટીથી કેટલા ફુટ નીચે હશે તે શોધો.

૧૯. એક ટાંકી ૮ ફુટ લાંબી, ૪ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઉંડી છે, અને તેને મથાળેથી બંધ કરેલી છે. ખુલ્લાં મ્હોં સાથની એક પાઈપને એલબો (elbow) વડે તેની એક બાજુમાં વેલ પાડી બેસાડેલી છે. ટાંકીનાં તળીયાંથી પાઈપની ઉંચાઈ ૧૪ ફુટ છે, અને ટાંકી તથા પાઈપ પાણીથી ભરેલી છે, તો તે ટાંકીનાં મથાળાં, તળીયાં અને દરેક બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૨૦. ઢળતાં તળીયાંવાળી એક ટાંકી ૪ ફુટ લાંબી અને ૪ ફુટ પહોળી છે. આગલી બાજુએ તે ટાંકીની ઉંચાઈ ૬ ફુટ છે અને પાછલી બાજુએ ૩ ફુટ છે. જો આ ટાંકીને પાણીથી ભરેલી હોય, તો તેનાં તળીયાં અને દરેક બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૨૧. એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૪ ફુટ છે અને ઉંચાઈ ૮ ફુટ છે તથા ટાંકીનું તળીયું આડી દિશામાં છે. જો આ ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય, તો તેનાં તળીયાં અને વાંકવાળી સપાટી ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૨૨. એક ગોળાના આકારનાં વાસણનો વ્યાસ ૩ ફુટ છે અને તેને નદીનાં મીઠાં પાણીમાં ડુબાડેલું છે. આ વાસણનું મધ્યબિંદુ પાણીની સપાટીથી ૨૦ ફુટ નીચે છે, તો તેની સપાટી ઉપર આવતું કુલ દબાણ શોધો.

૨૩. તળાવમાં પાણીને દાખલ કરી રોકી નાંખનારા એક દરવાજા એટલે લોક ગેટ (lock gate)ની પહોળાઈ ૪ ફુટ અને ઉંચાઈ ૮ ફુટ છે. તળાવમાં પાણીની ઉંચાઈ દરવાજાનાં તળીયાંથી ૬ ફુટ છે, તો તે દરવાજા ઉપર કેટલું દબાણ આવશે તે શોધો.

૨૪. નહેરમાં પાણી પૂરું પાડવા માટે નદીમાં બાંધેલા પુસ્તાના એક સ્લુસ ગેટની પહોળાઈ ૨૦ ફુટ છે અને ઉંચાઈ ૨૪ ફુટ છે.

સ્તુસ ગેટની ઉપલી ધાર પુસ્તા વડે રોકાયલાં પાણીની સપાટીથી ૧૬ ફુટ નીચે છે, તો આ સ્તુસ ગેટ ઉપર આવતું દબાણ શોધો.

૨૫. એક નહેરના સ્તુસ ગેટની પહોળાઈ ૨૪ ફુટ છે. પાણીની ઉંડાઈ તેની એક બાજુએ ૧૦ ફુટ અને બીજી બાજુએ ૬ ફુટ છે, તો તે સ્તુસ ગેટ ઉપરનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો.

૨૬. એક પોકળ વાસણ જે ૩૬ ઇંચ લાંબું અને ૮ ઇંચ સમચોરસ છે તેને પાણીમાં એવી રીતે ઉભું ઢુઆડ્યું છે કે જેથી તેનું તળીયું જે આડી દિશામાં છે તે પાણીની સપાટીથી ૨૬ ઇંચની ઉંડાઈએ રહે છે, તો તે વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું ઉપલી દિશાનું દબાણ શોધો.

૨૭. ૧૮ ઇંચ વ્યાસની એક આડી પાઈપના છેડાને બંધ કરવા માટે ઉભાં સ્થાનમાં ગોઠવેલો એક સ્તુસ વાંચ વપરાય છે. સ્તુસ વાંચની બહારની સપાટી ઉપર માત્ર વાતાવરણનું દબાણ કાર્ય કરે છે. આ આડી પાઈપને મથાળેથી ૫૪ ફુટની ઉંડાઈએ એક ટાંકા ગોઠવેલી છે. જો આ ટાંકામાં પાણીની સપાટી તેનાં તળીયાંથી ૫૩ ફુટની ઉંડાઈએ હોય તો તે સ્તુસ વાંચ ઉપરનું દબાણ શોધો.

૨૮. એક ખાલી સુકા ગોદીમાં પાણી ટાંક ગેટ (પાણી દાખલ કરવા માટેનો દરવાજો)ની સૌથી નીચલી ધાર આગળ છે અને ગેટની બીજી બાજુએ (દરિયાની બાજુએ) પાણીની ઉંડાઈ ગેટની નીચલી ધારથી ૧૫ ફુટ છે. ગેટ ૧૨ ફુટ પહોળો છે, તો તે ઉપરનું દબાણ શોધો. જો ટાંકમાં પાણીની ઉંડાઈ ૮ ફુટ હોય, તો ગેટ ઉપર કેટલી લઘુ દબાણ એટલું થશે? દરિયાનાં પાણીનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૬૪ પૌંડ છે.

૨૯. જો પાણીમાં ઢુબેલું એક ક્ષેત્ર આંતરું વર્તુલ હોય, તો દબાણનું મધ્યબિંદુ ક્યાં આગળ કાર્ય કરશે? જો તે ક્ષેત્ર ૧૨ ફુટ પહોળું અને ૬ ફુટ ડેબું ઉભું ચોખ્ખું હોય અને તે પાણીમાં એવી રીતે ઢુબેલું હોય કે તેની ઉપલી ધાર પાણીની સપાટી બરાબર હોય, તો તે ઉપરનાં દબાણનું મધ્યબિંદુ ક્યાં આગળ આવશે?

૩૦. એક ટાંકાનો આકાર ઉત્તરાવેલા શંકુના જેવો છે. મથાળાં આગળ તેનો વ્યાસ ૯ ફુટ છે અને લંબ ઉંચાઈ ૬ ફુટ છે. આ ટાંકી તેલથી ભરેલી છે. જો તેલનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૦.૮૫ હોય, તો તેમાં સમાયલાં તેલનું વજન શોધો અને તે ટાંકાની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો. જો આ ટાંકાને ઉત્તરાવવામાં આવે એટલે તેના ગોળાકાર પાયાને નીચે લાવવામાં આવે અને તેની ટોચ ઉપર આવે, તો તેની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું અને તળીયાં ઉપરનું દબાણ શોધો.

૩૧. પાણીને રોકનારી ૧૮૦ ફુટ લાંબી દીવાલની એક ઉભી બાજુએ પાણીની ઉંચાઈ ૧૨ ફુટ છે, તો તે દીવાલ ઉપર આવતું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો, અને દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારું મોમેન્ટ શોધો.

૩૨. જો દાખલા ૩૧માં આપેલી દીવાલનું છેદચિત્ર (section) કાટકાણ ચોખ્ખુ હોય, તેનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૧૪૦ પાઉં હોય, અને દીવાલની ઉંચાઈ ૧૮ ફુટ હોય, તો દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારાં ત્રણગણા મોમેન્ટ ગ્રેટલું તેની સામે થનારું મોમેન્ટ મેળવવા માટે દીવાલની જગાઈ કેટલી રાખવી જોઈશે ?

૩૩. એક કાટકાણ ચોખ્ખુઆકાર ટાંકા ૬ ફુટ લાંબી અને ૪ ફુટ પહોળી છે અને તેમાં તળીયાંથી ૫ ફુટની ઉંચાઈ સુધી પાણી ભરેલું છે. આ ટાંકામાં ૨૫૦ પાઉંનાં વજનનું એક ચોખ્ખુ લાકડાંનું દામચું (બ્લોક) જેની લંબાઈ ૩ ફુટ અને પહોળાઈ ૨ ફુટ છે તેને મુકવામાં આવે છે અને તે પાણી ઉપર ઉમું એવી રીતે તરે છે કે તેની બાજુએ ઉભી રહે છે અને ધાર આડી દિશામાં રહે છે; તો આ દામચું મુકવાથી ટાંકામાં પાણી કેટલું ઉચે ચઢશે, અને તે વેળાએ ટાંકાની દરેક બાજુ ઉપર કેટલું દબાણ આવશે ?

૩૪. ટાંકાની એક ઉભી બાજુ જે ૩ ફુટ પહોળી અને ૪ ફુટ ઉંડી છે તે છુટી છે અને તેને તળીયાંની આડી ધાર સાથે મીંજગરાં વડે જોડી એક આડી દિશામાં આપેલી સાંકળ વડે તેનાં ઉભાં સ્થાને

રાખવામાં આવે છે. સાંકળને આ ખસી શકે એવી બાબુનાં મધ્ય આગળ અને તેને લંબ (ક્રાટખૂણે) બાંધેલી છે. જો ટાંકીમાં પાણીની ઉંડાઈ ૩ ફી ફુટ હોય, તો સાંકળ ઉપર આવતું ખેંચાણ શોધો.

૩૫. એક પુસ્તા (ડેમ dam)ની ઉંચાઈ ૫૦ ફુટ છે અને તેની અંદરની બાબુ ઉભી છે. જો પાણી પુસ્તાની અંદરની બાબુએ તેની ઉપલી ધારની બરાબર હોય, તો તે પુસ્તાની દર ફુટ લંબાઈ દીઠ તે ઉપર આવતું કુલ દબાણ શોધો, અને વળી જે સ્થાન આગળ આ દબાણ કાર્ય કરતું ધારવામાં આવે તે સ્થાન શોધો.

૩૬. ૯ ઈંચ સમચોરસ અને ૧૪ ઈંચ ઉંચા એક ખાલી પત્રાના બંધ ડબ્બાને એક ટાંકી જેમાં ૧૨ ઈંચ ઉંડું પાણી ભરેલું છે તેમાં ડુબાડી દેવાનો છે. જો ડબ્બાનું વજન ૨ પાઉન્ડ હોય, તો આ ડબ્બો પાણી ઉપર ઉચ્ચકાર્ધ ન આવે તે માટે તેની ઉપર કેટલું વજન મુકવું પડશે તે શોધો.

૩૭. એક તળાકાર વાસણ જેનો વ્યાસ ૫ ફુટ છે તેનું વજન ૪ લાઇબ્રેટ છે અને તેમાં એટલી લદ્દે વજન મુકેલું છે જેથી તેનું ગોળાકાર તળીયું પાણીમાં ૮ ફુટની ઉંડાઈએ ડુબેલું છે, તો તે વાસણમાં કેટલું વજન મુકવામાં આવ્યું હશે તે શોધો. વળી જો તે વાસણમાં ૪૫૫૨ પાઉન્ડનું વજન મુકવામાં આવે, તો તેનું તળીયું કેટલી ઉંડાઈએ પાણીમાં ડુબશે ?

૩૮. એક ધનાકાર પેટી (ક્યુબીક્લ બોક્સ) જેની બાબુની લંબાઈ ૩ ફુટ છે તેમાં ૧૨૨૨.૫ પાઉન્ડનું વજન મુકવાથી તે પાણીમાં એવી રીતે તરે છે કે તેનું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૨ ફુટ ૪ ઈંચ નીચે રહે છે, તો તે પેટીનું વજન શોધો.

૩૯. એક ક્રાટકાણ ચોખ્ખાકાર ટાંકી ૪ ફુટ લાંબી, ૩ ફુટ પહોળી, અને ૨ ફુટ ઉડી છે. જો આ ટાંકી તેલથી ભરેલી હોય, તો તેનાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ, એક બાબુ ઉપરનું, અને એક છેડા ઉપરનું દબાણ શોધો. તેલનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૫૦ પાઉન્ડ છે.



૪૦. એક ટાંકી ૧૦ ફુટ લાંબી છે અને તેનું તળીયું ૪ ફુટ પહોળું છે. ટાંકીના છેડાઓ ઉભા છે અને બન્ને બાજુઓ આડી દિશાને ૪૫°ને ખૂણે ઢળતી છે. ટાંકીમાં પાણીની ઉંડાઈ ૬ ફુટ છે, તો તળીયાં ઉપરનું, એક બાજુ ઉપરનું, અને એક છેડા ઉપરનું દબાણ શોધો.

૪૧. એક ડાક ગેટ ૬૦ ફુટ પહોળો છે. આ ગેટની એક બાજુએ દરિયાનું પાણી ૨૫ ફુટ ઉંડું છે અને બીજી બાજુએ ૬ ફુટ ઉંડું છે, તો ગેટની દરેક બાજુ ઉપરનાં કુલ દબાણ શોધો, અને વળી ગેટ ઉપર આવતું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો.

૪૨. એક તળાવ (રેઝરવોયર reservoir)ની દીવાલમાં ૪ ફુટ ઉંચું અને ૩ ફુટ પહોળું એક બાકું છે અને તેનાં મથાળાંની ધાર પાણીની સપાટીથી ૨૦ ફુટ નીચે છે, તો આ બાકું બંધ કરનારા દરવાજા ઉપર પાણીનું કેટલું દબાણ આવશે ?

૪૩. એક સ્ટીમરનું વજન ૫૦૦ ટન છે અને તેને નુકશાન થવાથી તે પાણીથી ભરાઈને દરિયાની તળીયે પડેલું છે. સ્ટીમર જે ધાતુની બનેલી છે તેનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૭.૮ છે, તો તે સ્ટીમરને પાછી તરતી કરવા માટે તળીયેથી ઉપાડવાને માટે ઉપાડનારી સાંકળે કેટલું ખેંચાણ કરવું જોઈએ તે શોધો.

૪૪. એક કાટકાણુ ચોખ્ખાકાર પોન્ડ્રન (વલણો ઉપર માલ ચઢાવવા ઉતારવા માટેનો તરતો ડકકો) જે ૧૬૦ ફુટ લાંબું અને ૩૦ ફુટ પહોળું છે તેને દરિયાનાં પાણીમાં ૯ ફુટનો ડ્રાફ્ટ છે એટલે પોન્ડ્રનનું ચપટું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૯ ફુટ નીચે છે, તો પોન્ડ્રનનું વજન શોધો. ધારો કે પોન્ડ્રનનું વજન તેજ કાયમ રહે અને પોન્ડ્રનને નદીનાં મીઠાં પાણીમાં તરતું રાખવાનું હોય, તો ડ્રાફ્ટ કેટલો હશે ?

૪૫. એક બીડનાં કાસ્તીંગ (ઓતકામ)ને હવામાં તોલતાં તેનું વજન ૫ પૌંડ છે અને જ્યારે તેને પાણીમાં તમામ ડુબાડી તોલવામાં આવ્યું ત્યારે તેનું વજન ૪.૩ પૌંડ માલમ પડ્યું, તો તેનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ શોધો.

## પ્રકરણ ૯મું.

### હાઇડ્રોલીકસ એટલે દ્રવ્યશાસ્ત્ર (ચાલુ)

વાતાવરણનું દબાણ. પારાનો ઘેરોમીટર એટલે વાતામાપક.  
વોટરગેજ અથવા મેનોમીટર. સાઇક્રોન. પમ્પસ.

વાતાવરણનું દબાણ.—પૃથ્વીની સપાટી આસપાસ હવાનું ઉંડું પડ હોય છે, અને જેમ જેમ આપણે જમીનથી ઉપર ચઢતા જતાં તેમ તેમ હવા વધુ અને વધુ પાતળી અને હલકી થતી જાય છે. હવાને વજન હોવાથી પૃથ્વીની આસપાસનાં આ હવાનાં પડનાં ઉભા સ્થંભ પૃથ્વીની સપાટી ઉપર અને તે સપાટી ઉપર આવેલા સઘળા પદાર્થો ઉપર દર ચોરસ ફીટ દીઠ ૧૪.૭ પૌંડ અથવા પ્રાચી સંખ્યામાં ૧૫ પૌંડનું સરેરાશ દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, કારણ કે આપણે જોઈએ છીએ કે વાતાવરણનું દબાણ લગભગ ૩૦ ફીટના પારાના ઉભા સ્થંભને અથવા ૩૪ ફીટના પાણીના ઉભા સ્થંભને સમતોલ કરશે. આપણી ઉપર પડતાં વાતાવરણનાં આ કુદરતી દબાણથી આપણને કશી અગવડ માલમ પડતી નથી, કારણ કે તે આપણે ખમી શકીએ એવી રીતે ક્ષિત્રે આપણને ઘેરેલાં છે. જો આપણે જમીનનાં પેટામાં ઉગાદાએ બનાવેલા માર્ગ એટલે ટનલ (tunnel) માં દાખલ થઈએ અથવા કુચકી મારવાનાં કપડાં પહેરી દરિયામાં નીચે ઉતરીએ અથવા હાડી ખાણમાં નીચે જઈએ ત્યારે આપણાં કાન, આંખ, વિગેરેમાં આપણને ઘણી બેચેન લાગણી લાગે છે; આ લાગણી વાતાવરણનાં જે દબાણે આપણે દેવાયલા હોઈએ છીએ તેનાં કરતાં દબાણ વધુ થવાને લીધે

થાય છે. અથવા, જે આપણે ઘણા ઉંચા પહાડ ઉપર ચઢીએ અથવા ઝેરોપ્સેનમાં ઘણું ઉંચે હવામાં ચઢીએ ત્યારે આપણને કાંઈક એનેજ મળતી લાગણી થાય છે; આ લાગણી વાતાવરણનું જે દબાણ ખમવાને આપણે ટેવાયલા હોઈએ છીએ તેનાં કરતાં દબાણ ઓછું થવાને લીધે થાય છે.

### પારાનો વાતમાપક એટલે બેરોમીટર (Barometer).—

વાતાવરણનું દબાણ ઘણું કરીને પારાનાં બેરોમીટર (વાતમાપક) વડે



માપવામાં આવે છે. આકૃતિ પદમાં સાદો બેરોમીટર બતાવ્યો છે. આ બેરોમીટર એક સરખા વેલની લગભગ ૩૩ ઈંચ લાંબી કાચની ઊભા નળીનો બનેલો છે. આ નળીનો ઉપરો છેડો બંધ કરેલો છે અને તેમાં સંભાળ ભરેલી રીતે દવા રહિત પારો (મર્ક્યુરી) ભરેલો છે. નળીના નીચલા ખુલ્લા છેડાને પારાથી ભરેલા એક ઉઘાડા પ્યાલામાં ડૂબાડેલો હોય છે. ઉઘાડા પ્યાલામાંના પારાની સપાટી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ કાર્ય કરવાથી પારો નળીના વેલમાં ઉંચે ચઢે છે. નળીમાં પારાની ઉંચાઈ વાતાવરણનાં દબાણનાં સીધાં પ્રમાણમાં ફેરફાર થાય છે, કારણ કે નળીમાંના પારાની ઉપલી સપાટી અને કાચની નળીના બંધ છેડાની વચ્ચે સંપૂર્ણ શૂન્યતા એટલે વેક્યુમ

આ. પદ. (vacuum) હોય છે.

**દાખલો ૧.**—બેરોમીટર વડે દર્શાવવામાં આવતી પારાની ઉંચાઈ ૩૦ ઈંચ છે. પારાનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૧૩.૬ છે, તે વાતાવરણનું દબાણ શોધો. વાતાવરણનાં દબાણને ટેકવવા માટે પાણીના સ્તંભની ઉંચાઈ કેટલી બંધાયે તે શોધો.

એક ઘન ઈંચ પારાનું વજન = પારાનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ × સ્વચ્છ પાણીનાં એક ઘન ઈંચનું વજન

$$= ૧૩.૬ \times ૦.૦૩૬ = ૦.૪૯ પૌંડ$$

ત્યારે એક ઇંચ ઉંચાઇનો પારાનો સ્થંભ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૦.૪૯ પૌંડનું દબાણ દર્શાવે છે.

∴ વાતાવરણનું દબાણ દર્શાવનારા પારાના ૩૦ ઇંચ ઉંચા સ્થંભનું દર ચો ઇંચ દીઠ દબાણ =  $30 \times 0.49$   
 = ૧૪.૭ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.

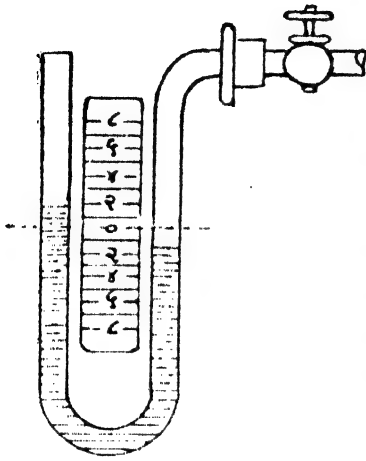
એક ચોરસ ઇંચ ક્ષેત્રફળના એક ઇંચ ઉંચા પાણીના સ્થંભનું વજન = ૦.૦૩૬ પૌંડ છે.

∴ પાણીના સ્થંભની એક યુટ ઉંચાઈ દીઠ દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું દબાણ =  $0.036 \times 12 = 0.432$  પૌંડ.

∴ ૧૪.૭ પૌંડનાં દબાણને ટેકવવા માટે જોઈતા પાણીના સ્થંભની ઉંચાઈ =  $\frac{14.7}{0.432} = 34$  યુટ.

**ઝોઝાં દબાણ અને વેક્યુમ માપવા માટેના વોટર ગેજ (Water Gauges).**—હવાનાં અને બીજાં ગેસો (gases) નાં ઝોઝાં દબાણો માપવાની એન્જનીયરોને વારંવાર જરૂર પડે છે. દાખલા તરીકે, કુદરતી અથવા મીકેનિકલ (સ્તકૃત) ડ્રાફ્ટ વડે બાયલરના ચુલામાં પુરી પાડવામાં આવતી હવાનું દબાણ માપવાની અથવા બાયલરની ચીમણી વડે ઉત્પન્ન થતું વેક્યુમ માપવાની અથવા શહેરમાં પુરી પાડવામાં આવતી રોશની આપનારી ડ્રાઇ ગેસના જથ્થાનું દબાણ માપવાની જરૂર પડે છે. આવા દાખલામાં તેમજ બીજાં ઘણાં દાખલાઓમાં જ્યાં ઝોઝાં દબાણો માપવાનાં હોય છે ત્યાં દબાણ અથવા જોરને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં અથવા પારાના ઊભા સ્થંભનાં ઇંચમાં માપવામાં આવતું નથી, પણ પાણીના સ્થંભના ઇંચની સંખ્યા જે માપવાનાં દબાણને ટેકવશે અથવા જેને વેક્યુમ વાતાવરણનાં દબાણમાંથી ઝોઝું કરશે તે વડે માપવામાં આવે છે.

**ઝોઝાં દબાણ અને વેક્યુમ માપવા માટેના વોટર ગેજ અથવા મેનોમીટર (Manometer).**—ઉપર વર્ણવ્યા પ્રમાણેનાં



આકૃતિ ૬૦

ઓછાં દબાણ માપવા માટે વપરાતું યંત્ર જે આકૃતિ ૬૦માં દેખાડ્યું છે તેને “મેનોમીટર” કહેવામાં આવે છે. આ મેનોમીટર એક સાદી U (યુ) આકારની વાળેલી કાચની નળીનું બનેલું છે, અને આ નળીના બે ઉભા પગો વચ્ચે એક સ્કેલ પટ્ટી (સરખે અંતરે આંકા પાડેલી પટ્ટી) આપેલી છે. આ નળીમાં પાણીને એવી રીતે ભરેલું છે કે તેના બન્ને પગોમાં પાણીની સપાટીની ઉંચાઈ એક સરખી રહે છે. જ્યાં આગળ U

નળીના બન્ને પગોમાં પાણીની ઉંચાઈ

એક લીટીમાં હોય છે ત્યાં આગળ સ્કેલ પટ્ટી ઉપર આંકા અથવા ક્રાપો પાડેલો હોય છે. આ ક્રાપા અથવા આંકાને શૂન્ય લીટી અથવા સમતોલપણાની (ઝીરો અથવા બકવીલીટ્રીયમ લાઈન) કહે છે. સ્કેલ પટ્ટી ઉપરના આ શૂન્યના ક્રાપાની નીચે અને ઉપર ઈંચના અને એક ઈંચના દશમા ભાગોના ક્રાપા આપેલા હોય છે, જેથી દબાણને અથવા તો વેક્યુમને પાણીનાં દબાણનાં ઈંચમાં માપી શકાય છે. જે વાસણ અથવા ખંડમાંનું દબાણ અથવા વેક્યુમ માપવું હોય તેની સાથે આ U આકારની નળીનો એક પગ કોઈ અને સીધી નળી વડે જોડવામાં આવે છે અને બીજા પગ વાતાવરણમાં ખુલ્લો રહે છે. દાખલા તરીકે, U આકારની નળીના કોઈવાળા પગને ઘરોમાં શેશની માટે પુરી પાડવામાં આવતી ગેસની પાઈપ સાથે જોડવામાં આવે, ત્યારે પુરી પાડવામાં આવતી ગેસનું દબાણ U નળીના કોઈવાળા પગમાંનાં પાણી ઉપર કાર્ય કરે છે અને તે પાણીને નીચે દબાવે છે અને તેજ વેળાએ બીજા ખુલ્લા મોંઢાવાળા પગમાંનું પાણી તેટલાજ પ્રમાણમાં ઉચે ચઢે છે. બે પગમાંનાં પાણીની સપાટી વચ્ચે જેટલા ઈંચનો તફાવત હોય તેટલું પાણીનાં ઈંચમાં દબાણ આવશે, એટલે જે શૂન્ય ક્રાપાથી કોઈવાળા

પગમાં ૧ ફી ઈંચ પાણી નીચે ઉતરે અને ખુલ્લાં મહોંવાળા પગમાં ૧ ફી ઈંચ પાણી ઉપર ચઢે તો અન્ને મળીને પાણીનાં ૩ ઈંચ જેટલું દબાણ થશે. જો U આકારની તળીના ડ્રાફ્ટવાળા પગને જે વાસણ અથવા ખંડમાં વેક્યુમ હોય તે વાસણ અથવા ખંડ સાથે જોડવામાં આવે, ત્યારે U તળીના ખુલ્લાં મહોંવાળા પગમાંનાં પાણી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ પડતું હોવાથી તે પગમાંનું દબાણ ડ્રાફ્ટવાળા પગમાંનાં દબાણ કરતાં વધુ થવાથી ડ્રાફ્ટવાળા પગમાં પાણી ઉંચે ચઢે છે અને તેજ વેળાએ ખુલ્લાં મહોંવાળા પગમાં તેટલાજ પ્રમાણમાં પાણી નીચે ઉતરે છે, અને ઉપર પ્રમાણે વેક્યુમનો જથ્થો સ્કેલ ઉપરથી પાણીના હેડના ઈંચમાં જોઈ શકાય છે. દાખલા તરીકે, જો આ ધ્રુવને સ્ટીમ બોયલરની ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડવામાં આવે, ત્યારે ચુક્કામાંની દબાણ ગેસના ચીમણી તરફ ખેંચાઈ આવી ઉપર ચઢવાનાં કારણે લીધે ચીમણીમાં થાંદું વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે જેથી બહારની હવા ચુક્કા તરફ ખેંચાઈ આવે છે, જેથી કરીને U-તળીના જે પગને ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલો હોય છે તેમાં વાતાવરણ કરતાં દબાણ ઝાટકું થાય છે, તેથી U-તળીના ખુલ્લાં મહોંવાળા પગમાંનાં પાણી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ પડતું હોવાથી તેમાંનું પાણી વાતાવરણનાં દબાણને લીધે નીચે ઉતરે છે અને તેજ વેળાએ ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલા પગમાંનું પાણી તેટલાજ પ્રમાણમાં ઉપર ચઢે છે. આ પ્રમાણે સ્કેલ ઉપર જોતાં સૂન્ય ક્રાપથી જેટલા ઈંચ પાણી ઉપર ચઢ્યું હોય અને જેટલા ઈંચ પાણી નીચે ઉતર્યું હોય તે અન્નેનો સરવાળો કરવાથી ચીમણીમાંનું વેક્યુમ માત્રમ પહે છે. આ ધ્રુવને વારંવાર મેનોમીટર (Manometer) કહેવામાં આવે છે.

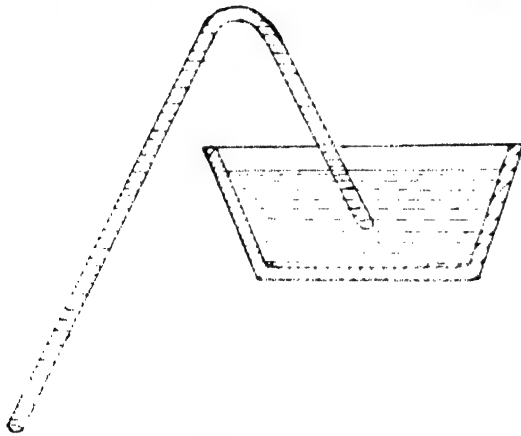
**દાખલો ૨.**—એક ગ્રાફ્ટ જેજ અથવા મેનોમીટરમાં ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલા પગમાં પાણીની ઉંચાઈ સૂન્યથી ૬ ફી ઈંચ ઉપર છે અને બીજા પગમાં સૂન્યથી ૬ ફી ઈંચ નીચે છે, તો તે ચીમણીમાં ગ્રાફ્ટ કેટલો દર્શો તે પાણીના હેડમાં થોડાં. વળી આ હેડને દર બારેક ઈંચ દીઠ દબાણમાં દર્શાવે.

પાણીના હેડના ઇંચમાં ગ્રાફ્ટ =  $\frac{3}{4} + \frac{3}{4} = \frac{3}{2}$  ઇંચ.

એક ફુટ પાણીનો હેડ = ૦.૪૩૩ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.

$$\therefore \frac{3}{2} \text{ ઇંચનો પાણીનો હેડ} = \frac{૦.૭૫ \times ૦.૪૩૩}{૧૨} = ૦.૦૨૭ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.}$$

**સાષ્ટકેન (Siphon).**—સાષ્ટકેન એક વાંકી વાળેલી નળી છે જે વાતાવરણની મદદ વડે પ્રવાહીને ઉંચી સપાટીએ ખેંચે છે. આ સાષ્ટકેન મોટાં પીપોમાંથી તેલને અથવા કોઈ બીજાં પ્રવાહીને બહાર કાઢવા માટે તથા જમીન ઉપર બાંધેલી અથવા મુકલી ટાંકીમાંથી



પાણીને બહાર કાઢવા તેમજ એવાંજ બીજાં ક્રમો માટે વપરાય છે. આકૃતિ ૬૧માં સાષ્ટકેન બતાવ્યું છે. આ વાંકી વાળેલી નળીના બન્ને છેડાનાં મોં ઉંધાડાં હોય છે અને તેના એક છેડે બીજા છેડા કરતાં વધારે લાંબો હોય છે. સાષ્ટકેનનાં

આકૃતિ ૬૧.

સંતોષકારક કાર્ય માટે નીચલી શરતો હોય છે:—

(૧) જે વાસણમાંથી પ્રવાહી બહાર કાઢવાનું છે તેમાંનાં પ્રવાહીની સપાટી સાષ્ટકેનના બહારના છેડા કરતાં ઉંચી રહેવી જોઈએ.

(૨) જે વાસણમાંથી પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું છે તેમાંનાં પ્રવાહીની સપાટીથી સાષ્ટકેનના વાકનાં મથાળાં સુધીની ઉંચાઈ તે વેળાનું વાતાવરણનું દબાણ દર્શાવતી પાણીની ઉંચાઈથી એટલે ૩૦ ફુટની ઉંચાઈથી વધુ હોવી જોઈએ નહીં; વાતાવરણનું દબાણ દર્શાવતી પાણીની ઉંચાઈ લગભગ ૩૪ ફુટ હોય છે, પણ પાર્શ્વની અંદરની

દીવાલ અને પ્રવાહી વચ્ચે ધર્ષણ થતું હોવાથી ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં ૩થી ૪ ફુટની અરાબરનું દ્રાણુ વ્યર્થ જાય છે, માટે વધુમાં વધુ ૩૦ ફુટથી વધારે ઉંચાઈ હોવી જોઈએ નહીં.

(૩) જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તેમાં કુબેલો સામકેનનો છેડો પ્રવાહીમાંથી ઉઘાડો થવો જોઈએ નહીં, પણ પ્રવાહીમાં ચાલુ કુબેલોજ રહેવો જોઈએ.

**સામકેનને ચાલુ કરવાની રીત.**—પહેલી રીત એ છે કે જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તે પ્રવાહીથી પહેલાં સામકેનને ભરવામાં આવે છે, અને પ્રવાહી સામકેનમાંથી નીકળી ન જાય તે માટે તેના બંને છેડા બંધ કરી સામકેનને ઉઘટાવી તેનો ટુંકા છેડો જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તેમાં કુબાડવામાં આવે છે અને ત્યારપછી તેના બંને છેડાનાં મ્હોં ખુલ્લાં કરવામાં આવે છે. અથવા, બીજી રીત એ છે કે સામકેનને પ્રવાહીથી ભર્યા વિના તેનાં મ્હોં ઉઘાડાં રાખી તેના ટુંકા છેડાને જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તેમાં કુબાડવામાં આવે છે અને ત્યાર પછી તેના લાંબા છેડામાંથી હવાને ખેંચી કાઢવામાં આવે છે, જેથી સામકેનમાં થોડું વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે તેથી સામકેનના ટુંકા છેડામાં પ્રવાહી ઉપર ચઢી બહાર નીકળવા માંડે છે.

**જે નિયમ ઉપર સામકેન કાર્ય કરે છે તે નિયમ.**—સામકેનની નળીમાં વેક્યુમ થતાંજ જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય છે તે પ્રવાહીની છુટી સપાટી ઉપર વાતાવરણનું દ્રાણુ કાર્ય કરતું હોવાથી તે પ્રવાહી નળીના ટુંકા છેડા અથવા ભાગમાં ઉંચે ચઢે છે, અને વાંકનું સાંથી ઉંચું બિંદુ પસાર કર્યા પછી તે પ્રવાહી ગુસ્તવાકર્ષણનાં કાર્યને લીધે સામકેનના જે લાંબા છેડામાંથી પ્રવાહી બહાર નીકળે છે તે છેડાની સપાટી અને જે વાસણમાંથી પ્રવાહી બહાર કાઢવાનો હોય તે વાસણમાંની તે પ્રવાહીની છુટી સપાટી વચ્ચેનાં અંતરના તફાવતના વર્ણનાં પ્રમાણ પ્રમાણની ગતિએ નીચે ઉતરે છે. બહાર



નીકળતો પ્રવાહી હમેશાં સાઇફોનનાં વાંક આગળ પાણી ચુસ્ત પીસ્તન તરીકે કાર્ય કરે છે, અને આ પ્રમાણે જ્યાંસુધી સાઇફોનના પ્રવેશ માર્ગ (inlet) અને બહાર નીકળવાના માર્ગ (outlet) ની છુટી સપાટીઓ સરખી સપાટીએ એક લીટીમાં આવે (કે જે વેળાએ હેડના અભાવને લીધે સાઇફોન કાર્ય કરતો અટકી જાય છે) ત્યાંસુધી તેમાં વેક્યુમ જળવી રાખે છે, અથવા જ્યારે જે વાસણમાંથી પ્રવાહી બહાર કાઢવાનો હોય તે વાસણમાંની પ્રવાહીની છુટી સપાટીની ઉંચાઈ અને સાઇફોનનાં વાંકનાં મથાળાંની ઉંચાઈ વચ્ચેનો તફાવત વાતાવરણથી ટેકવી શકાતી ઉંચાઈથી વધી જાય છે ત્યારે વાતાવરણનાં દબાણનાં કાર્યના અભાવને લીધે સાઇફોન કામ કરતો અટકી જાય છે.

**પમ્પ્સ (Pumps) એટલે બંખાઓ.**—પમ્પ વડે કોઈ પણ ઉંડી જગ્યાએથી હવા, પાણી, અથવા કોઈ પણ પ્રવાહીને ખેંચી બહાર કાઢી શકાય છે. પમ્પ જે પાઈપમાંથી ચર્મને હવા, પાણી, અથવા બીજાં પ્રવાહીને ઉપર ખેંચે છે તે પાઈપને “સક્શન પાઈપ” (suction pipe) કહેવામાં આવે છે, અને જે પાઈપને રસ્તે હવા, પાણી, અથવા બીજાં પ્રવાહીને બહાર કાઢે છે તે પાઈપને “ડીલીવરી પાઈપ” (delivery pipe) અથવા “ડિસ્ચાર્જ પાઈપ” (discharge pipe) કહે છે. શરૂઆતમાં પમ્પ સક્શન પાઈપમાંથી હવા બહાર કાઢી નાંખી તેમાં વેક્યુમ ઉત્પન્ન કરે છે, જેથી સક્શન પાઈપ જે પાણીમાં ડુબેલો હોય છે તે પાણીની છુટી સપાટી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪.૭૭ પૌંડ (પૂર્ણ સંખ્યામાં ૧૫ પૌંડ)નું દબાણ પડતું હોવાથી પાણી સક્શન પાઈપમાં ઉપર ચઢી પમ્પને ભરી નાંખે છે, અને ત્યારપછી પમ્પમાંથી તે બહાર નીકળે છે.

**પમ્પ વધુમાં વધુ જેટલી ઉંડાઈએથી પાણી ખેંચી શકે છે તે વિષે.**—પમ્પ વધુમાં વધુ જેટલી ઉંડાઈએથી પાણી ખેંચી શકે છે તે તે જગ્યાનાં વાતાવરણનાં દબાણ ઉપર આધાર રાખે છે. આપણે આગળ શીખી ગયા છીએ કે દરિયાની સપાટીએ વાતાવરણનું

દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪.૭ પૌંડ હોય છે, અને ઉંચી જગ્યાએ ઉપર વાતાવરણનું દબાણ આ કરતાં ઓછું હોય છે. વળી આપણે આગળ શીખી ગયા છીએ કે એક ચોરસ ઇંચ ક્ષેત્રફળવાળા અને ૨.૩૦૮ ફુટ ઉંચા પાણીના સ્થંભનું વજન ૧ પૌંડ થાય છે. માટે ૨.૩૦૮ ફુટ ઉંચાઈનો પાણીનો સ્થંભ તેનાં તળીયાં ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ પૌંડનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરશે. માટે, દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪.૭ પૌંડનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરવા માટે જોઈતી પાણીના સ્થંભની ઉંચાઈ =  $૧૪.૭ \times ૨.૩૦૮ = ૩૪$  ફુટ છે. તેટલા માટે જો પમ્પનાં સક્રિય પાર્શ્વની ઉંચાઈ ૩૪ ફુટ હોય, તો તેમાં સમાયલું પાણી ૧૪.૭ પૌંડનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરશે. પણ જો સક્રિય પાર્શ્વમાં સમાયલાં પાણીનું વજન ૧૪.૭ પૌંડ કરતાં સહેજ ઓછું હશે તોજ વાતાવરણનું દબાણ જે પાણીમાં સક્રિય પાર્શ્વ દુબેલો હોય છે તે પાણીની સપાટી ઉપર કાર્ય કરી પાણીને ઉંચકા પમ્પમાં મોકલી શકશે. ત્યારે થીઅરી પ્રમાણે પમ્પ વધુમાં વધુ ૩૪ ફુટની ઉંચાઈએથી પાણી ખેંચી શકે છે. પણ વ્યવહારમાં માત્રમ પડ્યું છે કે સાધારણ પમ્પો ૩૪ ફુટની ઉંચાઈએથી પાણી ખેંચી શકતા નથી, કારણ કે સક્રિય પાર્શ્વમાંના પાણીનું વજન વાતાવરણનાં દબાણ કરતાં ઓછું હોય તોજ તે પાણીને વાતાવરણનું દબાણ ઉંચે ચઢાવી શકે છે. જ્યારે પમ્પમાં વેક્યુમ થાય છે ત્યારે બહારનું વાતાવરણનું દબાણ સક્રિય પાર્શ્વમાં પાણીને દબાવી આપી ઉંચે ચઢાવે છે, ત્યારે પાણી પાર્શ્વમાં ઉંચે ચઢતાં પાર્શ્વની અંદરની દીવાલ અને પાણી વચ્ચે ઘર્ષણ થાય છે, જેથી પાણીને દબાવીને ઉંચે ચઢાવવાનું વાતાવરણનું કેટલુંક જોર વ્યર્થ જાય છે, માટે પમ્પ વધુમાં વધુ ૨૫ થી ૨૭ ફુટની ઉંચાઈએથીજ પાણી ખેંચી શકે છે. વળી જ્યારે પાણી ગરમ હોય છે ત્યારે એથી પણ ઓછી ઉંચાઈએથી પમ્પ પાણી ખેંચી શકે છે, કારણ કે ગરમ પાણીમાંથી નીકળતી આષ્પને લીધે પમ્પમાં વેક્યુમ ઓછું થાય છે. તેજ પ્રમાણે દરિયાની સપાટીથી

ઉંચી જગ્યાઓમાં લાંનાં હવાનાં દબાણનાં પ્રમાણમાં પમ્પ ઓછી ઉંડાઈએથી પાણી ખેંચી શકે છે.

પમ્પને બે મુખ્ય વર્ગોમાં વહેંચી શકાય, જેમકે, (૧) આમતેમ ચાલતા પમ્પ (Reciprocating Pumps), અને (૨) રોટેરી પમ્પ (Rotary Pumps).

**રેસીપ્રોકેટીંગ પમ્પ એટલે આમતેમ ચાલતા પમ્પ.**—જે પમ્પમાં બકેટ, પ્લન્જર, અથવા પીસ્ટન આગળ પાછળ અથવા ઉપર નીચે ચાલી કાર્ય કરે છે તેવા પમ્પને “રેસીપ્રોકેટીંગ પમ્પ” કહેવામાં આવે છે.

**રોટેરી પમ્પ.**—જે પમ્પમાં પાંખીઆંવાળાં ચક્કર (impeller wheel) ધરી ઉપર ગોળ ફરી કાર્ય કરે છે, તેવા પમ્પને “રોટેરી પમ્પ” કહેવામાં આવે છે.

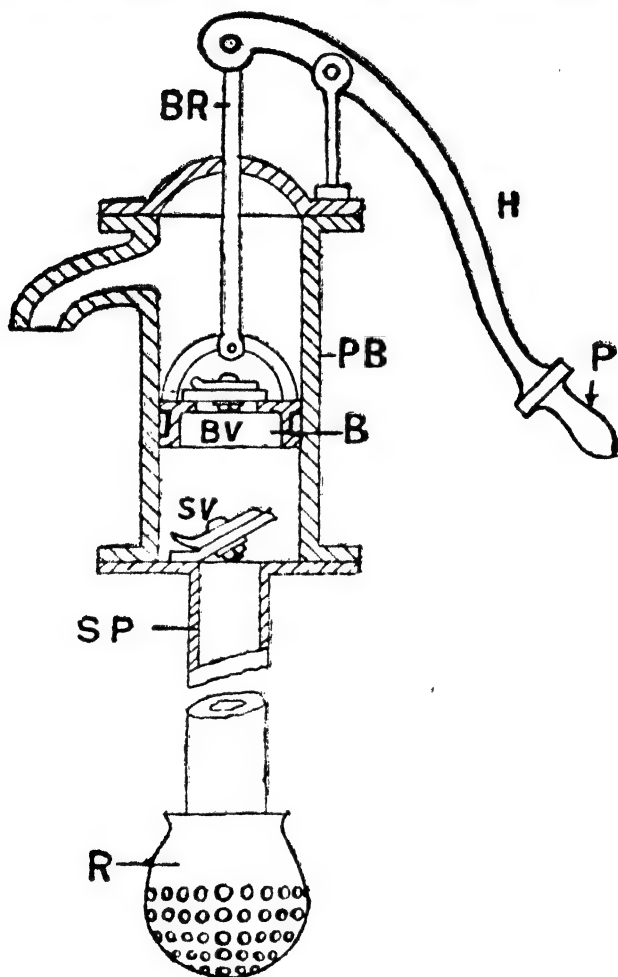
**રેસીપ્રોકેટીંગ એટલે આમતેમ ચાલતા પમ્પ.**—આ જાતના પમ્પને બે વર્ગોમાં વહેંચી શકાય, જેમકે, સક્શન અથવા લીફ્ટ પમ્પ (Suction or lift pump), અને ફોર્સ પમ્પ (Force pump).

**સીંગલ-એક્ટીંગ પમ્પ (Single-acting pump).**—જે પમ્પ એક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચી બીજે સ્ટ્રોકે પાણીને બહાર કાઢે છે તેને “સીંગલ-એક્ટીંગ પમ્પ” કહે છે.

**ડબલ-એક્ટીંગ પમ્પ (Double-acting pump).**—જે પમ્પ દરેક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચી દરેક સ્ટ્રોકે પાણીને બહાર કાઢે છે તેને ડબલ-એક્ટીંગ પમ્પ કહે છે.

**સક્શન અથવા લીફ્ટ પમ્પ.**—સક્શન અથવા લીફ્ટ પમ્પ હમેશાં સીંગલ-એક્ટીંગ પમ્પ હોય છે એટલે એ પમ્પ એક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચી બીજે સ્ટ્રોકે પાણીને બહાર કાઢે છે. આકૃતિ ૬૨માં સાધારણ સક્શન અથવા લીફ્ટ પમ્પ બતાવ્યો છે. આ પમ્પ પાણીને માત્ર ખેંચી બહાર કાઢી નાંખે છે, પણ પાણીને જોરથી દાખીને ઉંચે

ચઢાવી શકતો નથી. તે એક બીડ અથવા પીતળનાં નળાકાર ભુંગળાં એટલે બેરલ (barrel) PBનો અનેલો છે, જે બેરલનાં તળીયાં સાથે



આકૃતિ ૬૨.

સકશન પાઈપ SP નેડેલી હોય છે. સકશન પાઈપ SPનો ઉપલો છેડો પમ્પ બેરલનાં તળીયાં સાથે નેડેલો હોય છે, અને નીચલા છેડાને જે કુવા, તળાવ, વિગેરેમાંથી પાણી ખેંચી બહાર કાઢવાનું હોય તેમાંનાં

પાણીમાં કુબેક્ષો રાખવામાં આવે છે. આ નીચલા છેડા ઉપર એક છિદ્રોવાળી જળી (સ્ટ્રેનર Strainer) R બેસાડેલી હોય છે. સકશન પાઈપને નીચલે છેડે છિદ્રોવાળી જળી (સ્ટ્રેનર) R બેસાડવાની મતલબ પમ્પમાં સકશન પાઈપ મારફતે પાણી સાથે કચરો દાખલ થતો અટકાવવાની છે. જો સકશન પાઈપના પાણીમાં કુબેલા છેડા ઉપર છિદ્રોવાળી જળી બેસાડવામાં ન આવે તો કુવા, તળાવ, વિગેરેનાં પાણીમાં જે કાંઈ કચરો હોય તે પાણી સાથે સકશન પાઈપમાં ચઢી પમ્પના વાલ્વને હરકત કરશે અને બગાડી નાંખશે. જ્યાં આગળ બેરલનાં તળીયાં સાથે સકશન પાઈપનું જોડાણ કરવામાં આવે છે ત્યાં આગળ બેરલ તરફ ઉઘડતો એક સકશન વાલ્વ અથવા ક્લેક (Clack) SV (જે વાલ્વને રસ્તે પાણી સકશન પાઈપમાંથી પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ થાય છે તેને સકશન વાલ્વ કહે છે) બેસાડેલો છે. આ સકશન વાલ્વ ચપટો ચાંમડાંનો બનાવેલો હોય છે અને ચાંમડાંને ધાતુની પ્લેટ વડે અડકડ બનાવી તેને મીંજગરાં ઉપર જોડેલો હોય છે. પમ્પનાં બેરલ PBમાં પોકળ પીસ્તનના આકારનો એક હવા ચુસ્ત બકેટ (bucket) B આપેલો છે. આ બકેટ સાથે એક ઉભો બકેટ-રોડ BR જોડેલો છે જેના ઉપલા છેડાને હાથા H સાથે જોડેલો છે. હાથા Hને છેડે જોર P લાગુ પાડી બકેટ Bને પમ્પ બેરલમાં ઉપર નીચે ચલાવવામાં આવે છે. બકેટ Bને મથાળે મધ્યમાં એક વેહ આપી તે ઉપર ઉપલી તરફ ખુલતો ક્લેક (clack) વાલ્વ અથવા બકેટ વાલ્વ BV બેસાડેલો છે. આ બકેટ વાલ્વ પણ સકશન વાલ્વના જેવો ચાંમડાંનો બનાવી તે ચાંમડાંને ધાતુની પ્લેટ વડે અડકડ બનાવી તેને મીંજગરાં ઉપર જોડેલો હોય છે. સકશન વાલ્વ અને બકેટ વાલ્વને વારંવાર ચાંમડાંને બદલે ઈન્ડીઆ રબરના ચંદા (ડીસ્ક)ના પણ બનાવવામાં આવે છે. બકેટને કોઈ કોઈ વાર ચાંમડાંની પેકીંગ વડે અથવા કોઈ કોઈ વાર બકેટના પરિઘને ફરતે આપેલા ગાળામાં સણનું દોરડું લપેટીને હવા ચુસ્ત બનાવવામાં આવે છે.

સકશન અથવા લીફ્ટ પમ્પનું કાર્ય.—ધારો કે પમ્પનાં બેરલ અને સકશન પાઈપમાં કુવાનાં પાણીની સપાટી સુધી હવા ભરેલી છે અને બકેટ પોતાના નીચલા સ્ટ્રોકને છેડે છે. હવે પમ્પના હાથાને નીચે દબાવવાથી બકેટ ઉપલા સ્ટ્રોકના છેડા સુધી ઉંચે ચઢે છે, તેથી પમ્પ-બેરલમાં ઘેરાયેલી હવા પ્રસરણ પામી બકેટની નીચે થોડું વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે, તેટલા માટે સકશન પાઈપમાંની હવા સકશન વાલ્વને ઉઘાડી પ્રસરણ પામે છે અને બેરલનાં વધારાનાં વોલ્યુમને ભરી નાંખે છે. પરિણામે બોઈલના નિયમ (બોઈલ્સ લૉ) પ્રમાણે તેનાં વોલ્યુમના વધારાનાં ક્ષેત્રા પ્રમાણમાં તેનું દબાણ ઘટે છે. આ પ્રમાણે હવાનું દબાણ બેરલ અને સકશન પાઈપમાં ઓછું થવાથી કુવાનાં પાણીની સપાટી ઉપર પડતું વાતાવરણનું દબાણ પાણીના ચોક્કસ જગ્યાને સકશન પાઈપની ઉપર જ્યાં સુધી પાણીના આ સ્થંભનું વજન અને તે પાણીના સ્થંભ અને બકેટ વાલ્વની વચ્ચેનું હવાનું દબાણ બહારનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરે ત્યાં સુધી દબાવીને ઉપર ચઢાવે છે. હવે હાથાને ઉપર ઉંચકી બકેટને બેરલને તળીયે નીચે દબાવતાં બેરલમાંની હવા દબાય છે, જેથી બકેટ વાલ્વ BV ઉઘડે છે અને સકશન વાલ્વ SV બંધ થાય છે, તેથી બેરલ-માંની દબાયેલી હવા બકેટ વાલ્વમાંથી ચઢીને બહાર વાતાવરણમાં નીકળી જાય છે. આ પ્રમાણે બકેટને કેટલીક વાર ઉપર નીચે ચઢાવવાથી સકશન પાઈપ અને પમ્પ-બેરલમાંની હવાનું દબાણ ધીમે ધીમે ઘટી નષ્ટ થશે અને ત્યારે પાણી સકશન પાઈપમાં છેક ઉપર ચઢી પમ્પ-બેરલને ભરી નાંખશે. હવે જ્યારે બકેટ નીચે ઉતરવા માંડે છે ત્યારે પમ્પ બેરલમાંનું પાણી દબાવવાથી બકેટ વાલ્વને ઉઘાડી બકેટની ઉપલી બાજુએ આવે છે. આ દરમિયાન પાણીનાં દબાણને લીધે સકશન વાલ્વ દબાઈને બંધ રહે છે. હવે જ્યારે બકેટ ઉપર ચઢવા માંડે છે ત્યારે બકેટ ઉપરનું પાણી પોતાનાં વજનને લીધે બકેટ વાલ્વને દબાવી બંધ રાખે છે, જેથી બકેટનાં ઉંચકાવા સાથે બેરલમાંનું

પાણી પણ ઉપર ઉંચકાય છે અને નાળયાં (સ્પાઉટ spout) Sમાંથી બહાર નીકળે છે, અને તેજ વેળાએ જો કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી બકેટ જેટલી ઉંચાઈએ ઉંચકાય તે ઉંચાઈ ૩૪ ફુટથી ઓછી હશે તો બકેટનાં ઉપર ઉંચકાવા સાથે બીજું નવું પાણી પમ્પનાં બેરલમાં ભરાતું જાય છે, તેટલા માટે બકેટના દરેક ઉપલા સ્ટ્રોકે પમ્પનાં બેરલનાં ધનમાપ અથવા કદ જેટલું પાણી પમ્પમાંથી બહાર નીકળતું જાય છે. પમ્પનાં બેરલમાં પાણી ભરાય તે માટે સંશ્લેષક વાલ્વ SV કુવાનાં પાણીની સપાટીથી થીઅરી પ્રમાણે ૩૪ ફુટથી વધારે ઉંચાઈએ હોવો જોઈએ નહીં, પણ આગળ સમજાવ્યું છે તેમ વ્યવહારમાં ખરેખર રીતે કુવાનાં પાણીની સપાટીથી બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોકનું મથાળું ૨૫થી ૨૭ ફુટ કરતાં વધારે હોવું જોઈએ નહીં.

ન્યારે લાંબો વખત સુધી ઘણા મોટા જગ્યામાં પાણીને ઉપાડી બહાર કાઢવું હોય ત્યારે બકેટ રોડને હાથાને બદલે ક્રૂક શાફ્ટ અને તે ઉપર બેસાડેલી પુત્રી અને પટાની મદદ વડે ચલાવવામાં આવે છે. આ પાવર લીફ્ટ પમ્પમાં સંક્રાંતક વાલ્વ ચામડાં અથવા ઇન્ડીઆ રબ્બરના બનાવેલા હોય છે, અને બકેટને હવા ચુસ્ત બનાવવા માટે ચામડાંની પેકીંગ આપવામાં આવે છે, પણ બકેટ વાલ્વ ચામડાં અથવા રબ્બરને બદલે પીત્તળનો બનાવી તેની સીટ ઉપર બરાબર ચુસ્ત બેસે તે માટે ઘસીને (ગ્રાઈન્ડ કરીને) બેસાડેલો છે.

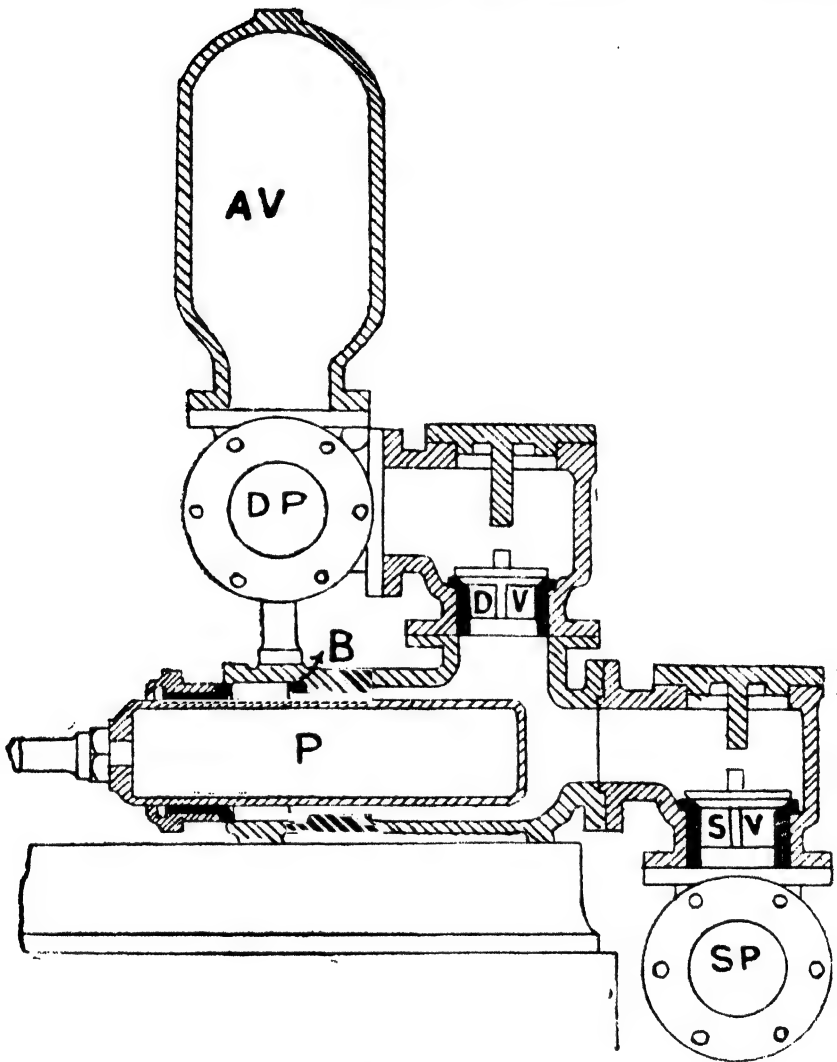
સ્ટીમ એન્જીનના કન્ડેન્સર (condenser)માંથી હવા, બાષ્પ, પાણી, વિગેરે બહાર કાઢી નાંખવા માટે ઘણે લાગે લીફ્ટ પમ્પ વપરાય છે, જેને એર પમ્પ (air pump) કહેવામાં આવે છે. એમાં પમ્પનાં બેરલને મથાળેથી ઢાંકણ વડે બંધ કરવામાં આવે છે અને તે ઢાંકણમાં વેહો આપી તે ઉપર રબ્બરના ચંદાના આકારના વાલ્વ ઢાંકેલા હોય છે જે વાલ્વને હેડ વાલ્વ અથવા ડીસચાર્જ વાલ્વ કહે છે. બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન પાણી બકેટ સાથે ઉંચકાઈ હેડ વાલ્વને ઉપલી બાજુએ ઉંચાડી પમ્પને મથાળે આપેલાં એક બીજાં

વાસણ જેને હોટ વેલ (hot-well) કહે છે તેમાં થઇને બહાર નીકળી જાય છે. એર પમ્પમાં સકશન વાલ્વ અથવા ફુટ વાલ્વ (foot valve), અને બકેટ વાલ્વ પણ રખરના ચંદાના આકારના હોય છે. આવી જાતના રખરના વાલ્વને “બટરફ્લાઈ વાલ્વ” પણ કહેવામાં આવે છે. આ વાલ્વો નોન-રીટર્ન વાલ્વની જાતના હોય છે, કારણ કે આ માંહેલા કોઈ પણ વાલ્વની ઉપલી બાજુએ પાણી એકવાર ગયા પછી તે પાછું નીચલી તરફ આવી શકતું નથી.

**ફોર્સ પમ્પ (Force Pump).**—જે પમ્પ પાણીને ઉંડાઈએથી ખેંચી જોરથી દબાવીને ઉંચે ચઢાવે છે તેને “ફોર્સ પમ્પ” કહે છે. ફોર્સ પમ્પ બે જાતના હોય છે, જેવા કે, (૧) સીંગલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ, અને (૨) ડબલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ.

**સીંગલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ.**—આ જાતનો પમ્પ એક સ્ટ્રોકે પાણીને ઉંડાઈએથી ખેંચે છે અને બીજે સ્ટ્રોકે તે પાણીને જોરથી દબાવી જોઈતી ઉંચાઈએ ઉપર ચઢાવે છે. સીંગલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પમાં બકેટને બદલે રેમ (ram) અથવા પ્લન્જર (plunger) વપરાય છે; તેથી સીંગલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પને પ્લન્જર-પમ્પ પણ કહેવામાં આવે છે. જે પીસ્ટનની લંબાઈ તેના વ્યાસ કરતાં ઘણી વધારે હોય તેને રેમ અથવા પ્લન્જર કહે છે. આકૃતિ ૬૩માં સીંગલ એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ બતાવ્યો છે. એમાં B ખેરલ છે જેના ઉપલા અથવા બહારના છેડા ઉપર એક હવા ચુસ્ત (એર-ટાઈટ) સ્ટફીંગ બોક્સ અને ગ્લેન્ડ (stuffing box અને gland) આપેલો છે, જેમાંથી રેમ અથવા પ્લન્જર P ઉપર નીચે અથવા આગળ પાછળ પમ્પનાં ખેરલમાં આવજાવ કરે છે. S V સકશન વાલ્વ છે અને D V ડીલીવરી વાલ્વ છે. જે બોક્સમાં સકશન વાલ્વ S V આપેલો છે તે બોક્સ સાથે જોડવામાં આવેલી પાઈપ સકશન પાઈપ S P છે, અને આ પાઈપનો નીચલો છેડો જે પાણીને પમ્પ વડે દબાવીને ઉંચે





આકૃતિ ૬૩

ચઢાવવાનું હોય તે પાણીમાં ડુબાડેલો હોય છે. ડીલીવરી વાલ્વ  $DV$ ના બોક્સ સાથે જોડેલી પાઈપ ડીલીવરી પાઈપ  $DP$  છે, જેમાંથી ચર્ધને પાણીને ઉંચે ગોઠવેલી ટાંકીમાં ચઢાવવામાં આવે છે અથવા કોઈ બીજાં વાસણમાં દબાણ સાથે મોકલવામાં આવે છે.

**સીંગલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પનું કાર્ય.**—ધારો કે પમ્પનાં બેરલમાં રેમ અથવા પ્લન્જર P નીચલા અથવા અંદરના સ્ટ્રોકને છેડે છે. અને પમ્પનો અંદરનો સઘળો ભાગ તથા સકશન પાઈપ હવાથી ભરેલાં છે. જ્યારે રેમ અથવા પ્લન્જર P ઉપર ચઢે છે અથવા બહાર નીકળે છે, ત્યારે પમ્પમાંની હવા પ્રસરણ પામવાથી સકશન વાલ્વ S V ઉપરનું દબાણ ઓછું થશે અને સકશન પાઈપમાંની હવા સકશન વાલ્વ S V ને ઉપલી તરફ ઉઘાડી બેરલમાં દાખલ થશે. ત્યારે હવે સકશન પાઈપમાંની હવા ઓછી થવાથી તે પ્રસરણ પામશે અને સકશન પાઈપમાં હવાનું દબાણ આગળ કરતાં ઓછું થશે; જેથી કરીને જે પાણીને પમ્પ કરવાનું છે તેની બહારની સપાટી ઉપર પડતું વાતાવરણનું દબાણ તે પાણીને સકશન પાઈપમાં દબાવીને એટલી ઉંચાઈએ ચઢાવશે કે જેથી સકશન પાઈપમાંની હવા અને પાણીના સ્થંભનું દબાણ બહારનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરે. હવે જ્યારે રેમ અથવા પ્લન્જર નીચે ઉતરશે અથવા અંદર જશે ત્યારે પમ્પનાં બેરલમાંની હવા દબાય છે જેથી તે દબાયેલી હવા ડીલીવરી વાલ્વ D V ને ઉપલી તરફ ઉઘાડી તેમાંથી બહાર નીકળી જશે. આ વેળાએ સકશન વાલ્વ S V ઉપર દબાણ આવતું હોવાથી તે બંધ રહે છે. રેમ અથવા પ્લન્જર P ના દરેક સ્ટ્રોક વેળાએ આ પ્રમાણેની ક્રિયા ચાલુ રહે છે જેથી જ્યાં સુધી સકશન પાઈપ અને બેરલ પાણીથી ભરાઈ જાય ત્યાં સુધી સકશન પાઈપમાં પાણી ઉંચે ચઢશે. હવે જ્યારે પ્લન્જર નીચે ઉતરશે અથવા અંદર જશે ત્યારે પમ્પનાં બેરલમાં પાણી દબાવાથી હવાને બદલે પાણી ડીલીવરી વાલ્વ D V ને ઉઘાડી તેમાંથી જોર સાથે ડીલીવરી પાઈપને રસ્તે બહાર નીકળશે.

સીંગલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ રેમ અથવા પ્લન્જરના ઉપલા અથવા બહારના સ્ટ્રોક પાણી ખેંચે છે, અને નીચલા અથવા અંદરના સ્ટ્રોક પાણી જોરથી દબાવીને બહાર કાઢે છે, જેથી આ પમ્પ પોતાની ડીલીવરી પાઈપમાંથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર કાઢતો નથી, પણ

તેમાંથી પાણી આંતરે આંતરે બહાર નીકળે છે, અને પમ્પમાં આંચકા અને અવાજ થાય છે. ડીલીવરી પાઇપમાંથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર નીકળે તે માટે આ જાતના પમ્પના ડીલીવરી ચેમ્બર (ખંડ) ઉપર અથવા ડીલીવરી ચેમ્બરની નજદીક ડીલીવરી પાઇપ ઉપર ઐર વેસલ (air vessel) બેસાડવામાં આવે છે. આકૃતિ ૬૩માં સીંગલ એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ ઉપર બેસાડેલું ઐર વેસલ A V બતાવ્યું છે.

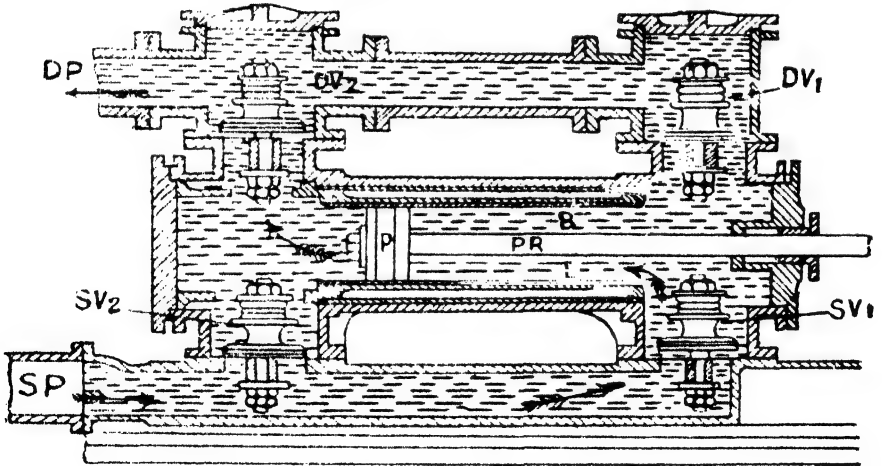
**ઐર વેસલનું કાર્ય.**—રેમ અથવા પ્લન્જર Pના નીચલા અથવા અંદરના સ્ટ્રોક દરમ્યાન બેરલમાંથી જે પાણી દબાઇને બેરથી બહાર નીકળે છે તે પાણીનો કેટલોક જથ્થો ડીલીવરી પાઇપની ઉપર ચઢી જે જગ્યાએ પાણીને બહાર કાઢવું હોય ત્યાં પડે છે, અને તે પાણીનો બાકીનો જથ્થો ઐર વેસલમાં જાય છે અને જેથી ઐર વેસલ A Vમાંની હવાને દબાવે છે. રેમ અથવા પ્લન્જરના ઉપલા અથવા બહારના સ્ટ્રોક દરમ્યાન ઐર વેસલમાંની દબાયેલી હવા તેમાં ભરાયેલાં પાણીના બાકીના જથ્થાને દબાવી ડીલીવરી પાઇપમાંથી બહાર કાઢે છે. આ પ્રમાણે રેમ અથવા પ્લન્જરના બંને સ્ટ્રોક દરમ્યાન ડીલીવરી પાઇપમાંથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર નીકળ્યા કરે છે, અને આગળ કરતાં પમ્પમાં ઓછા આંચકા અને અવાજ થાય છે. જ્યાં શાંત અને સરળ કાર્ય જોઇતું હોય ત્યાં પમ્પની સક્રિય પાઇપ ઉપર પણ ઐર વેસલ મુકવામાં આવે છે. પમ્પની સક્રિય બાબુ ઉપર સક્રિય પાઇપમાંનાં પાણીને વાતાવરણનાં દબાણનાં કાર્યને આધિન પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ કરવાને અને બેરલમાં જે જગ્યા બંકેટ અથવા પ્લન્જરે છોડેલી હોય તે જગ્યા સંપૂર્ણ રીતે ભરી નાંખવાને માટે પાણીને પુરતી ગતિ મેળવતાં વખત લાગે છે; અને જ્યારે સક્રિય પાઇપ લાંબી હોય છે, અથવા જ્યારે પમ્પની ઝડપ વધારે હોય ત્યારે સક્રિય સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ થતું પાણી તે બેરલને ભરી નાંખવાને પુરતું હોઈ શકે નહીં. વળી સક્રિય સ્ટ્રોકને અંતે સક્રિય વાલ્વ એકાએક બંધ થાય છે, અને સક્રિય

પાઈપિમાંનું પાણી વહેતું એકએક અટકી જાય છે, તેથી સકશન પાઈપ ઉપર આંચકો આવે છે. આ ખામીઓ દુર કરવા માટે સકશન વાલ્વની નજદીક સકશન પાઈપ ઉપર એક એર વેસલ અથવા વેક્યુમ એમ્બર મુકવામાં આવે છે. આ એર વેસલ અથવા વેક્યુમ એમ્બરમાંથી હવા ખીલકુલ દુર કરેલી હોતી નથી. જ્યારે સકશન પાઈપમાં પાણી વિશ્રામ સ્થિતિએ હોય છે ત્યારે આ એરવેસલ અથવા વેક્યુમ એમ્બરમાંની હવાનું દબાણ અને સકશન પાઈપમાંના પાણીના હેડને લીધેનું દબાણ મળીને વાતાવરણનાં દબાણની બરાબર થાય છે. સકશન પાઈપ ઉપર એર વેસલ મુકવાથી સકશન પાઈપમાં પાણી આંતરે આંતરે વહેવાને બદલે ચાલુ વહેવા કરે છે અને પમ્પનું બેરલ અધુરું નહીં રહેતાં દરેક સ્ટ્રોકે આખું ભરાયા કરે છે, જેથી પમ્પની કામ કરવાની શક્તિ એટલે એપ્રીશીયન્સી વધે છે. ડીલીવરી પાઈપ ઉપરનાં એર વેસલનું કદ પમ્પનાં બેરલનાં કદથી ચારથી છગણું રાખવામાં આવે છે, અને સકશન પાઈપ ઉપરનાં એર વેસલનું કદ બેથી ત્રણ ગણું રાખવામાં આવે છે.

**બકેટ પ્લન્જર પમ્પ.**—આ જાતનો પમ્પ એર વેસલ વિના પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર કાઢી શકે છે. આ પમ્પ ઉભો હોય છે. એ પમ્પનાં બેરલમાં સાધારણ બકેટ વાલ્વ સાથેનો બકેટ આપેલો છે અને તેની સાથે બકેટનાં ક્ષેત્રફળ કરતાં અર્ધાં ક્ષેત્રફળવાળો એક જાડો રોડ (સળીયો) જોડેલો હોય છે જે પ્લન્જર તરીકે કાર્ય કરે છે. આ પ્લન્જર બેરલને મથાળે આપેલા હવા ચુસ્ત સ્ટફીંગ બોક્સ અને ગ્લાન્ડમાંથી ઉપર નીચે આવજન કરે છે. જ્યારે બકેટ પ્લન્જર સાથે નીચે ઉતરે છે ત્યારે બકેટની નીચલી બાજુએ પમ્પમાં ભરાયલું પાણી બકેટ વાલ્વને ઉપલી દિશામાં ઉંઘાડી બકેટની ઉપલી બાજુએ ચઢે છે. પણ બકેટ ઉપર મધ્યમાં મોટા વ્યાસનો પ્લન્જર હોવાથી બકેટની નીચેનું સધળું પાણી બકેટની ઉપલી બાજુએ સમાઈ શકતું ન હોવાથી જેમ જેમ બકેટ નીચે ઉતરતો જાય છે તેમ તેમ લગભગ અર્ધું

પાણી પમ્પમાંથી ઉભરાઇને ડીલીવરી પાઇપની ઉપર ચઢી બહાર નીકળી જાય છે. જ્યારે બકેટ નીચલા સ્ટ્રોકને અંતે પહોંચે છે ત્યારે બકેટની ઉપલી બાજુએ બેરલમાં પ્લન્જરની આસપાસની જગ્યામાં બાકીનું અર્ધું પાણી ભરાયલું હોય છે. જ્યારે બકેટ ઉપર ચઢવા માંડે છે ત્યારે આ પાણી બકેટ સાથે ઉપર ઉંચકાઇને ડીલીવરી વાલ્વને ઉંઘાડી ડીલીવરી પાઇપમાં ચઢી બહાર નીકળી જાય છે. આ જાતનો પમ્પ બંને સ્ટ્રોક દરમ્યાન પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર કાઢે છે. આ જાતના પમ્પને ડિફરેન્શીઅલ પમ્પ (Differential Pump) પણ કહે છે.

ડબલ એક્ટીંગ ફ્રોર્સ પમ્પ.—આ જાતના પમ્પમાં પમ્પનાં બેરલને દરેક છેડે અંકેક સકશન વાલ્વ અને અંકેક ડીલીવરી વાલ્વ આપવામાં આવે છે, અને આ પમ્પ દરેક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચે છે અને જોરથી દબાવીને બહાર કાઢે છે. આકૃતિ ૬૪માં ડબલ-એક્ટીંગ ફ્રોર્સ પમ્પ



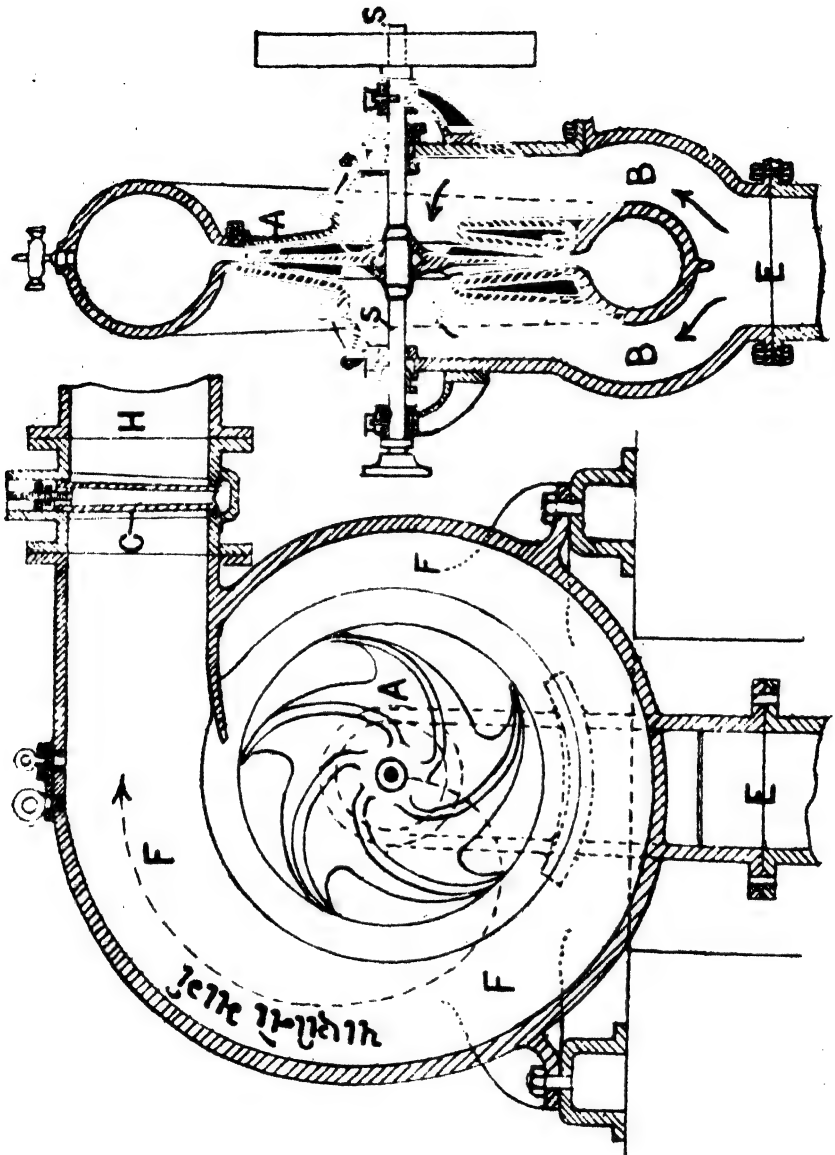
આકૃતિ ૬૪.

બતાવ્યો છે. એમાં B પમ્પ-બેરલ છે જેમાં એક પીસ્ટન P આમતેમ ચાલે છે. પીસ્ટન Pને પાણી અને હવા ચુસ્ત બનાવેલો

હોય છે. પીસ્ટન Pના બહારના સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પ સક્રિય પાઈપ SP અને સક્રિય વાલ્વ SV<sub>૨</sub>માંથી થઈને પાણીને બેરલ Bમાં ખેંચે છે અને તેજ વેળાએ પીસ્ટન તેની આગલી તરફના ભાગમાં આવેલાં પાણીને જોરથી દબાવી ડીલીવરી વાલ્વ DV<sub>૧</sub>માંથી થઈને ડીલીવરી પાઈપ DPમાં ઉંચે ચઢાવી બહાર કાઢે છે. પીસ્ટનના અંદરના સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પ સક્રિય પાઈપ SP અને સક્રિય વાલ્વ SV<sub>૧</sub>માંથી થઈને પાણીને બેરલ Bમાં ખેંચે છે અને તેજ વેળાએ પીસ્ટન તેની પાછલી તરફના ભાગમાં આવેલાં પાણીને જોરથી દબાવી ડીલીવરી વાલ્વ DV<sub>૨</sub>માંથી થઈને ડીલીવરી પાઈપ DPમાં ઉંચે ચઢાવી બહાર કાઢે છે. આકૃતિમાં તીરની દિશા વડે પાણીના માર્ગ બતાવ્યા છે.

**રોટરી પમ્પ.**—આ જાતના પમ્પને બે વર્ગોમાં વહેંચી શકાય, જેમકે, સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ, અને ટર્બાઈન પમ્પ.

**સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ (Centrifugal Pump).**—સાધારણ જાતનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ પાંખીઆંઓ સાથેનાં એક ચક્કર જેને ઈમ્પેલર વ્હીલ (impeller wheel) કહે છે તેનો બનેલો છે. આ ઈમ્પેલર વ્હીલ એક મધ્યની ધરી ઉપર બેસાડેલું છે અને તે એક બીડનાં ખાખાં એટલે કે સીંગમાં તેની ધરી ઉપર ગોળ ફરે છે. જ્યારે આ પમ્પ પાણીથી પુરેપુરો ભરેલો હોય ત્યારે ફરતું ઈમ્પેલર વ્હીલ (પાંખીઆંવાળું ચક્કર) પાણીને પોતાની સાથે ગોળ ફેરવે છે તેથી ફરતાં પાણીમાં ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ (સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ) ક્રિયત્ત થાય છે. ફરતાં પાણીનું આ ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ પાણીને ઈમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્યગિદ્ધથી તેના પરિધ તરફ ફેંકી ડીલીવરી પાઈપમાં ઉપર ચઢાવી બહાર કાઢી નાંખે છે. ઉન્મધ્યપ્રેરક બળને લીધે ઈમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્ય આગળનું સધળું પાણુ પરિધ તરફ ફેંકાઈ જતું હોવાથી ઈમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્ય આગળનાં ખંડમાં વેક્યુમ ક્રિયત્ત થાય છે, અને આ ખંડ સાથે સક્રિય પાઈપનું જોડાણ કરેલું હોવાથી જે પાણીમાં સક્રિય પાઈપનો નીચલો છેડો ડુબેલો હોય છે તે પાણી



આકૃતિ ૬૫.

સકશન પાઇપમાંથી થઈને ઈમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્ય આગળ ખેંચાઈ

આવે છે અને કેસીંગમાંથી વ્હીલના પરિધ તરફથી ડીલીવરી પાછપ મારફતે તે બહાર નીકળી જાય છે. સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ કુટલેક અંશે એક ઉલટાવેલું વોટર ટરબાઈન (Water Turbine) છે.

આકૃતિ ૬૫માં સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ બતાવ્યો છે. એમાં A ઇમ્પેલર વ્હીલ છે. મીઠાં પાણી માટેના પમ્પમાં આ વ્હીલને બીડનું બનાવવામાં આવે છે, અને ખારાં પાણી માટેના પમ્પમાં તેને ગન-મેટલનું બનાવવામાં આવે છે. આ ઇમ્પેલર વ્હીલ A ને સ્ટીલ અથવા બ્રોઝ (કાંસા) ની શાફ્ટ S ઉપર ચાવીથી સંજોડ કરેલું હોય છે. આ શાફ્ટ કેસીંગમાં આપેલી વ્હાઈટ મેટલની અથવા ગનમેટલની બેરીંગમાં ફરે છે. શાફ્ટ S ને બાહ્યથી કેસીંગમાંથી બહાર નીકળે છે તે બાહ્યે શાફ્ટને પાણી ચુસ્ત અને હવા ચુસ્ત બનાવવા માટે એક સ્ટફીંગ બોક્સ અને બેન્ડ આપેલાં છે. પમ્પનાં કેસીંગ સાથે E આગળ જોડેલી સકશન પાઇપમાંથી પાણી દાખલ થાય છે અને ઇમ્પેલર વ્હીલ A ની બંને બાહ્યેથી પસાર થઇ વ્હીલની ધરીની આસપાસના મધ્ય ખંડમાં દાખલ થાય છે. આ પાણી ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી પસાર થઇ પ્રસરણ પમાડનારા ખંડ (એક્સ્પાન્ડીંગ ચેમ્બર) F માં આવે છે, અને ત્યાંથી પમ્પનાં કેસીંગ સાથે H આગળ જોડેલી ડીલીવરી પાઇપમાં ઉપર ચઢી બહાર નીકળી જાય છે. પમ્પમાંથી પાણી બહાર નીકળવાના માર્ગ અને ડીલીવરી પાઇપની વચ્ચે એક રલુસ વાલ્વ C આપેલો છે. એક્સ્પાન્ડીંગ ચેમ્બર F ને વોલ્યુટ (volute) લમરીના આકારના (વિંટા)ના આકારની પાઇપ જેવો છે અને જેમાં ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી આવતું પાણી એકઠું થાય છે તેનો વ્યાસ બહાર નીકળવાના માર્ગ તરફ આપેલા વખતમાં તેમાંથી પસાર થતાં પાણીના જથ્થાનાં પ્રમાણમાં મોટો થતો જાય છે, જેથી વોલ્યુટના આકારના ખંડમાં પાણીની સરેરાશ ગતિનો વેગ એક સરખો રહે છે. વોલ્યુટના આકારના ખંડ બનાવવાની મતલબ ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી પાણી પસાર થયા પછી તેની ગતિનો વેગ ધીમે ધીમે ઘટાડવાની છે, કે જેથી તે ચાલતાં પાણીમાંની



વેગીય શક્તિ એટલે કામનેટીક એનર્જીના કેટલાક ભાગનું દયાળુની શક્તિ (પ્રેશ્યોર એનર્જી)માં રૂપાંતર થાય છે, જેથી પાણી ધણે દુર ફેંકી શકાય છે અથવા ઉંચે ચઢાવી શકાય છે.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પને ખાલી ચલાવવાથી તે કાંઈ વેક્યુમ ઉત્પન્ન કરતો નથી અને પાણી ખેંચી શકતો નથી, માટે આ પમ્પની સકશન પાઇપના નીચલા છેડા ઉપર એક ફુટ વાલ્વ (જે નોન-રીટર્ન વાલ્વની જાતનો હોય છે તે) હમેશાં મુકવોજ નોંધવો, અને પમ્પને ચાલુ કરવા અગાઉ તે ઉપર પાણી ભરવા માટે ખાસ આપેલા પ્રાઇમીંગ ડ્રેક મારફતે તેમાં પાણી ભરવું જોઈએ. પાણી ભર્યા પછી પમ્પ ચાલુ કરતાં તે પાણી પમ્પનાં ઇમ્પેલર વ્હીલને વળગીને વ્હીલની સાથે ગોળ ફરવાથી પાણીનો જથ્થો ઇમ્પેલર વ્હીલની ધરીથી દુર ઉડી જઈ પમ્પનાં વોલ્યુટ આકારનાં કેસીંગને લાગે છે, જેથી ઇમ્પેલર વ્હીલની ધરીની આસપાસના મધ્ય ખંડમાં વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે અને સકશન પાઇપમાંથી થઇને પમ્પમાં પાણી ઉપર ખેંચાવું ચાલુ થાય છે. આ પમ્પની સકશન પાઇપમાં બનતાં સુધી કશા પણ વાંક આપવા જોઈએ નહીં. કેટલાક મોટા કદના સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પો સાથે સ્ટીમ ઇજેક્ટર આપવામાં આવે છે, જેમાં પમ્પ ચાલુ કરવા અગાઉ વરાળ છોડવાથી પમ્પમાંની હવા બહાર કાઢી નાંખી વેક્યુમ ઉત્પન્ન કરે છે, જેથી પમ્પમાં પાણી ઉપર ખેંચાઇ આવી પમ્પ ચાલુ થાય છે, અને પમ્પમાં શરૂઆતમાં પાણી ભરવું પડતું નથી. આ પમ્પના પાણીને બહાર નીકળવાના માર્ગની નજદીક ડીલીવરી પાઇપ ઉપર એક સ્લુસ વાલ્વ આપવો એ વધારે સાફ છે. પમ્પને ચાલુ કરતી વેળાએ આ સ્લુસ વાલ્વ બંધ રાખવામાં આવે છે, અને પમ્પે બરાબર ચાલ મેળવ્યા પછી સ્લુસ વાલ્વ ધીમે ધીમે ખોલવામાં આવે છે, જેથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ ધીમે ધીમે ડીલીવરી પાઇપમાંથી બહાર નીકળવા માંડે છે. આમ કરવાથી પમ્પને ચાલુ કરતી વેળા તે ઉપર એકદમ લોડ આવતો નથી અને પમ્પ શાંત રીતે ચાલુ થાય છે. પમ્પને

ચાલતો બંધ કરવાની અગાઉ સ્લુસ વાલ્વ ધીમે ધીમે બંધ કરવામાં આવે છે, જેથી પમ્પ પાણી ખેંચવાનું છોડી દે છે, અને પમ્પ ઉપરનો લોડ ધીમે ધીમે ઘટી જાય છે, અને ત્યાર પછી પમ્પને બંધ કરવામાં આવે છે.

**રેસીપ્રોકેટીંગ ફાર્સ પમ્પ અને સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ વચ્ચે સરખામણી.**—પ્લનજર અથવા પીસ્ટનવાળા પમ્પમાં જો પમ્પની ઝડપ ઓછી વધતી કરવામાં આવે તો પાણીના હેડ (ઉંચાઇ)માં અથવા દબાણમાં કશો ફેરફાર થતો નથી, પણ તેની ઝડપ ઓછી કરવાથી બહાર નીકળતાં પાણીનો જથ્થો ઓછો થાય છે. જો પાણીના હેડ એટલે ઉંચાઇને ધટાડવામાં આવે અને પમ્પની ઝડપ આગળ જેટલીજ રહેવા દેવામાં આવે, તો બહાર નીકળતાં પાણીના જથ્થામાં કશો ફેરફાર થતો નથી. પણ સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પમાં પાણીની ઉંચાઇ એટલે હેડ તે પમ્પની ઝડપનાં પ્રમાણમાં હોય છે. જો સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પની ઝડપ ઓછી કરવામાં આવે તો પાણી ઓછી ઉંચાઇએ ચઢશે. આ જાતના પમ્પો પાણીની અમુક ઉંચાઈ અને અમુક જથ્થા માટેજ ખાસ બનાવેલા હોય છે, અને તેમાં ફેરફાર કરી શકાતો નથી. આ પમ્પ જેટલી ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવવા માટે બનાવેલો હોય તે ઉંચાઇ કાયમ રાખી તેની ઝડપ ઓછી કરવામાં આવે તો પાણી જોઈતી ઉંચાઇએ ચઢશે નહીં. જો પાણીની નક્કી કરેલી ઉંચાઇ ઓછી કરી પમ્પને તેની નક્કી કરેલી ઝડપે ચલાવવામાં આવે તો બહાર નીકળતાં પાણીનો જથ્થો ઘણો વધશે. સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પની ડીલીવરી પાઇપ ઉપર આપેલા સ્લુસ વાલ્વને બંધ કરવાથી તે પમ્પ પાણી ખેંચવાનું છોડી દે છે, તેથી પમ્પ ફાટી જવાની કશી પણ ધાસ્તી રહેતી નથી. પણ જો પ્લનજર અથવા પીસ્ટનવાળો પમ્પ ચાલતો હોય ત્યારે તેની ડીલીવરી પાઇપ ઉપર આપેલો કોષ પણ વાલ્વ બંધ કરવામાં આવે અથવા ડીલીવરી પાઇપ કચરા, વિગેરેથી બંધ થઈ જાય તો તે પમ્પ ઉપર અતિશય જોર આવી પમ્પ બેરલે અથવા ડીલીવરી પાઇપ ફાટી

જાય છે. આ કારણે પ્લન્જર અથવા પીસ્ટનવાળા પમ્પમાં ડીલીવરી પાઇપ ઉપર એક રીલીફ વાલ્વ (relief valve) આપવામાં આવે છે. જ્યાં પાણી મોટા નળ્યામાં ઉંચે ચઢાવવાનું હોય ત્યાં આગળ સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ વધારે અનુકૂળ છે; તેમજ જ્યાં પાણી કચરાવાળું અથવા માટી, રેતી, વિગેરેથી ભેળાયેલું હોય ત્યાં સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ વધારે અનુકૂળ છે; કારણકે એમાં કશા પણ વાલ્વ અને સાંકડા માર્ગો હોતા નથી.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પને જેમ અને તેમ પાણીની નજદીક એસાડવો જોઇએ કે જેથી તેને ઘણી ઉંડાઇએથી પાણી ખેંચવું પડે નહીં. આ પમ્પમાં જેમ સકશન પાઇપ ટુંકા અને ડીલીવરી પાઇપ ઉંચો હોય તેમ પમ્પ વધારે પાણી બહાર કાઢી શકે છે. આ પમ્પની સકશન પાઇપ ૧૫ ફુટ કરતાં વધુ લાંબી રાખવી જોઈએ નહીં.

સાદા સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ ૨૦ થી ૩૦ ફુટ કરતાં વધુ ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવી શકતા નથી, અને જો ઉંચાઇ વધારવામાં આવે તો પમ્પની કામ કરવાની શક્તિ એટલે એપ્રીશીઅન્સી ઓછી થઇ જાય છે.

**ટર્બાઇન પમ્પ ( Turbine Pump ).**—સાદા સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ ૨૦ થી ૩૦ ફુટ કરતાં વધુ ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવી શકતા નથી, અને જો ઉંચાઇ વધારવામાં આવે તો પમ્પની કામ કરવાની શક્તિ એટલે એપ્રીશીઅન્સી ઓછી થઇ જાય છે. આ મુશ્કેલી દૂર કરવા માટે હાલમાં ટર્બાઇન પમ્પ બનાવવામાં આવે છે. સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પનાં ઇમ્પેલર વ્હીલની આસપાસના ખંડ (chamber)માં માર્ગ દર્શાવનારા માર્ગો અનુકૂળ રીતે ચોળ પુરા પાડવાથી જેવુંજ ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી પાણી પસાર થઇ જાય છે કે તુરંતજ તે પાણીની કાઇનેટીક એનર્જીના મોટા ભાગનું દબાણની શક્તિમાં રૂપાંતર કરી શકાય. ત્યારે સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ “ ટર્બાઇન પમ્પ ” બને છે. એક ઇમ્પેલર વ્હીલવાળો ટર્બાઇન પમ્પ સાધારણ સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ કરતાં ઘણી વધારે ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવશે.

ટર્બાઇન પમ્પના બે વર્ગો હોય છે, જેવાં કે (૧) સીંગલ-સ્ટેજ (single-stage) ટર્બાઇન પમ્પ, અને (૨) મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ (multiple-stage) ટર્બાઇન પમ્પ.

**સીંગલ-સ્ટેજ ટર્બાઇન પમ્પ.**—આ જાતના પમ્પમાં એકજ ઇમ્પેલર વ્હીલ હોય છે. અને સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પમાં ઇમ્પેલર વ્હીલની ફરતે જે વોલ્યુટ આકારનો ખંડ આપવામાં આવે છે, તેને બદલે ટર્બાઇન પમ્પમાં ઇમ્પેલર વ્હીલની આસપાસ માર્ગ દર્શાવનારાં પાખીઆં સાથેનો ખંડ (એમ્બર) આપવામાં આવે છે. આ પમ્પ ૬૦ ફુટ સુધીની ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવી શકે છે.

**મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ ટર્બાઇન પમ્પ.**—સીંગલ-ઇમ્પેલર પમ્પ વડે જેટલી ઉંચાઇએ પાણીને ચઢાવી શકાય છે તે ઉંચાઇને તેની ઝડપ અને સપાટીનાં ધર્ષણનો વિચાર કરતાં ૯૬ આવી જાય છે, અને જ્યારે પાણી ઘણી વધારે ઉંચાઇએ ચઢાવવાનું હોય ત્યારે બે ઇમ્પેલર વ્હીલોને તેઓ એક હાર (series)માં કાર્ય કરે એવી રીતે જોડવાની જરૂર હોય છે. એમ માની લઇએ કે સીંગલ-ઇમ્પેલર ટર્બાઇન પમ્પ તદ્દન તેનીજ બરાબરના બીજા ટર્બાઇન પમ્પના પાણી દાખલ થવાના માર્ગમાં પાણીને દબાણ સાથે આપે છે (ડીલીવર કરે છે). આ બીજા પમ્પ જે પાણી તેનાં ઇમ્પેલર વ્હીલમાં દબાણ સાથે દાખલ થાય છે તે ઉપર કામ કરશે, અને બીજા પમ્પના પાણી બહાર નીકળવાના માર્ગ આગળથી જે દબાણ સાથે પાણી બહાર નીકળશે તે દબાણ એક પમ્પ વડે ઉત્પન્ન કરેલાં દબાણથી બમણું થશે. એ તો સ્પષ્ટ થશે કે બે પમ્પો વાપરવાને બદલે એક હાર (series)માં જોડેલાં બે ઇમ્પેલર વ્હીલો સાથેનો એક પમ્પ થોડું શકાય, જેથી પહેલાં ઇમ્પેલર વ્હીલ વડે આપેલું (ડિસ્ચાર્જ કરેલું) પાણી બીજાં ઇમ્પેલર વ્હીલમાં જાય છે, અને પરિણામે પાણીનો જે હેડ મળે છે તે સીંગલ ઇમ્પેલર વ્હીલ વડે મળતા હેડથી બમણો છે. આ પ્રમાણે એક હાર (series)માં જોડેલાં બે અથવા વધુ ઇમ્પેલર વ્હીલો

સાથના બનાવેલા પમ્પને “ મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ ટર્બાઇન પમ્પ ” કહેવામાં આવે છે.

મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ પમ્પોને એક હાર ( series )માં જોડેલાં વધુમાં વધુ દશ ઇમ્પેલર વ્હીલો સાથના બનાવવામાં આવે છે, અને જ્યાં ઇમ્પેલર વ્હીલની આ સૌથી વધુ સંખ્યા વડે આપેલી ઝડપે પાણીનું જોઈતું દબાણ મળી શકતું ન હોય ત્યાં સાધારણ રીતે એકજ બેડ પ્લેટ ઉપર બે પમ્પોને જોડી તેમની વચ્ચે પમ્પોને ચલાવનારી મોટર અથવા એન્જીન જોડવામાં આવે છે. આ બે પમ્પોને એકજ હાર ( series )માં જોડવામાં આવે છે જેથી પરિણામે બહાર નીકળતાં પાણીનું જે દબાણ મળે છે તે એક હાર ( series )માં જોડેલાં વીસ ઇમ્પેલર વ્હીલો વડે મળતાં દબાણની બરાબર થશે. એટલે જો એક ઇમ્પેલર વ્હીલ સાથનો ટર્બાઇન પમ્પ પાણીની ૬૦ ફુટની ઉંચાઈ ( હેડ ) જેટલું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, તો તેવીજ જાતનાં દશ ઇમ્પેલર વ્હીલો સાથનો પમ્પ પાણીની  $60 \times 10 = 600$  ફુટની ઉંચાઈ ( હેડ ) જેટલું દબાણ ઉત્પન્ન કરશે. મોટા ટર્બાઇન પમ્પોમાં દરેક ઇમ્પેલર વ્હીલ પાણીની ૬૦ થી ૧૦૦ ફુટની ઉંચાઈ ( હેડ ) જેટલું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે.

ટર્બાઇન પમ્પો કાર્ય કરવામાં તદ્દન સાદા હોય છે, અને તેઓ નિયમિત ઝડપે ચાલુ ચાલ્યા કરી પાણીનો નિયમિત જથ્થો પુરો પાડી શકે છે. એમાં પમ્પ અને ડીલીવરી પાઈપ ઉપર કશા પણ આંચકા આવતા નથી. વળી ટર્બાઇન પમ્પો સૌથી ઓછા ધસારા સાથે કાઈ પણ હેડે કચરાવાળાં પાણીને ઉંચે ચઢાવી શકે છે.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પની માફક ટર્બાઇન પમ્પની સકશન પાઈપ જેમ અને તેમ ટુંકી રાખવી જોઈએ, અને પાઈપમાંનું ઘર્ષણ ધ્યાનમાં લેતાં સકશન પાઈપ ૧૫ ફુટથી વધુ લાંબી રાખવી જોઈએ નહીં. ટર્બાઇન પમ્પ ઉપર આપેલા સકશન માર્ગ કરતાં સકશન પાઈપ કઠી પણ નાની હોવી જોઈએ નહિ. જો સકશન પાઈપ લાંબી હોય તો

તે વધારે મોટા કદની લેવી જોઈએ. સકશન પાઈપમાં જેમ અને તેમ ઘણા ઓછા વાંકો આવે એમ ગોઠવવી જોઈએ, અને તેના સાંધા તદ્દન હવા ચુસ્ત (એર ટાઈટ) હોવા જોઈએ. સકશન પાઈપમાં હવા ઘેરાઈ ન રહે તે માટે તેના આડી દિશામાં આવતા ભાગને એવી રીતે ઢાળ પડતી ગોઠવવી જોઈએ કે તે ધીમે ધીમે પમ્પ તરફ ઉંચે ચઢે. સકશન પાઈપનો જે છેડો ઉપાડવાનાં પાણીમાં ડુબેલો હોય છે તે છેડા ઉપર એક પુટ વાલ્વ અને જળી (સ્ટ્રોનર) બેસાડવાં જોઈએ, અને તે છેડા કુવા અથવા તળાવનાં તળીયાં અને બાજુઓથી છુટા હોવો જોઈએ.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ અને ટર્બાઈન પમ્પનાં કદ તેઓની સકશન અને ડીલીવરી પાઈપોના વ્યાસ ઉપરથી કહેવામાં આવે છે; જેમકે ૪ ઇંચનો પમ્પ એટલે ૪ ઇંચ વ્યાસની સકશન અને ડીલીવરી પાઈપવાળો પમ્પ.

**દાખલો ૩.**—એક લીફ્ટ પમ્પના બકેટનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. જે કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી ૨૦ ફુટની ઉંચાઈએ પાણીને ઉપાડી બહાર કાઢવાનું હોય, તો બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન બકેટના રોડ ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?

ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન બકેટ રોડ ઉપરનું ખેંચાણ = બકેટનાં ક્ષેત્રફળ જેટલાં ક્ષેત્રફળવાળા અને પાણીને જેટલી ઉંચાઈએ ઉપાડવાનું હોય તેટલી ઉંચાઈના પાણીના સ્થંભનું વજન = બકેટનું ક્ષેત્રફળ ચો. ફુટમાં  $\times$  ઉંચાઈ ફુટમાં  $\times$  ૬૨.૫.

$$\therefore \text{બકેટ રોડ ઉપરનું ખેંચાણ} = .૫ \times .૫ \times .૭૮૫૪ \times ૨૦ \times ૬૨.૫ \\ = ૨૪૫.૪૩૭૫ \text{ પાંડ.}$$

**દાખલો ૪.**—નક્કર પ્લન્જર સાથના એક ફોર્સ પમ્પમાં પ્લન્જરનો વ્યાસ ૨ $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે, અને તેને ૨ ઇંચના થ્રોવાળી એક એક્સેન્ટ્રીક વડે ચલાવવામાં આવે છે. જે શાફ્ટ ઉપર એક્સેન્ટ્રીકને ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે તે દર મીનીટ ૩૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે પમ્પ ૫ મીનીટમાં કેટલા ઘન ઇંચ અને કેટલા ગેલન પાણીને બહાર કાઢશે ?

પ્લેન-જરવાળા ફ્રેસ પમ્પ હમેશાં સીંગલ-એક્ટીંગ હોય છે, માટે દર એ સ્ટ્રોક દીઠ એક કાર્ય કરતો (વર્કીંગ) સ્ટ્રોક હોય છે, એટલે જોટલા આંટાની સંખ્યા તેટલાજ કાર્ય કરતા સ્ટ્રોક હોય છે.

સ્ટ્રોકની લંબાઈ એક્સેન્ટ્રીકના થ્રોથી બમણી છે.

$$\therefore \text{સ્ટ્રોકની લંબાઈ} = 2 \times 2 = 4 \text{ ઇંચ.}$$

એક કાર્ય કરતા સ્ટ્રોકમાં પમ્પ વડે બહાર કાઢવામાં આવતું પાણી ધન ઇંચમાં =  $2.5 \times 2.5 \times .7854 \times 4$ .

$\therefore$  એક મીનીટમાં પમ્પ વડે બહાર કાઢવામાં આવતું પાણી ધન ઇંચમાં =  $2.5 \times 2.5 \times .7854 \times 4 \times 30 = 244.05$  ધન ઇંચ.

$\therefore$  ૫ મીનીટમાં બહાર કાઢવામાં આવતું પાણી ધન ઇંચમાં =  $244.05 \times 5 = 1220.25$  ધન ઇંચ.

$$\text{ગેલન} = \frac{1220.25 \times 6.25}{1.356} = 558.5 \text{ ગેલન}$$

**દાખલો ૫.**—એક લીફ્ટ પમ્પ વડે દર કલાકે ૨૦૦ ગેલન પાણીને ૨૦ ફુટની ઉંડાઈ એથી ઉપાડવામાં આવે છે. જો પમ્પની એફીશીયન્સી ૬૦ ટકા હોય, તો પમ્પને કેટલા હોર્સપાવર આપવામાં આવતા હશે ?

પમ્પ વડે દર મીનીટે કરવામાં આવતું ઉપયોગી

$$\text{કામ} = \frac{200 \times 60 \times 20}{60} = \frac{2000}{3} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

પમ્પને દર મીનીટે આપવામાં આવતું કુલ કામ =  $\frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{એફીશીયન્સી}}$

$$= \frac{2000}{3} \times \frac{100}{60} = \frac{10000}{9} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{10000}{9 \times 33000} = 0.333.$$

**દાખલો ૬.**—એક ડબલ-એક્ટોંગ ફર્સ્ટ પમ્પના પીસ્તનનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે; સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩ ફુટ છે; પમ્પથી કુવાનાં પાણીની સપાટી ૨૦ ફુટ નીચે છે; જે જગ્યાએ પાણી ઉંચે ચઢાવવાનું છે તે પમ્પથી ૪૦ ફુટ ઉંચે છે; અને સ્ટ્રોકની સંખ્યા દર મીનીટે ૪૦ છે. તો (૧) પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા થીઅરી પ્રમાણેના હોર્સપાવર કેટલા હશે, અને (૨) જે શક્તિના ૩૦ ટકા ધર્ષણમાં વ્યર્થ જાય, તો પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા ખરેખરા હોર્સપાવર કેટલા હશે ?

પાણી જે કુલ ઉંચાઈએ ચઢાવવામાં આવે છે તે ઉંચાઈ = કુવાનાં પાણીની સપાટીથી પમ્પ સુધીની ઉંચાઈ + પમ્પથી જે જગ્યાએ પાણી ચઢાવવાનું છે તે જગ્યા સુધીની ઉંચાઈ.

$$\therefore \text{કુલ ઉંચાઈ} = ૨૦ + ૪૦ = ૬૦ \text{ ફુટ.}$$

એક મીનીટમાં ઉંચે ચઢાવવામાં આવતો પાણીનો જથ્થો પૌંડમાં =  $૧ \times ૧ \times ૭૮૫૪ \times ૩ \times ૪૦ \times ૬૨.૫ = ૫૮૯૦.૫$  પૌંડ.

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં થતું કામ} = ૫૮૯૦.૫ \times ૬૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{થીઅરી પ્રમાણે જોઈતા હોર્સપાવર} = \frac{૫૮૯૦.૫ \times ૬૦}{૩૩૦૦૦} \\ = ૧૦.૭૧ \text{ હોર્સપાવર.}$$

$$૭૦ : ૧૦૦ :: ૧૦.૭૧ : \text{જોઈતા હોર્સપાવર.}$$

$$\therefore \text{પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા ખરેખરા હોર્સપાવર} = \frac{૧૦૦ \times ૧૦.૭૧}{૭૦} \\ = ૧૫.૩ \text{ હોર્સપાવર.}$$

**દાખલો ૭.**—એક સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પને દર સેકન્ડે ૬૨ ઘનફુટ પાણી ૭ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવાનું છે; જે પમ્પની એપ્રીશીઅન્સી ૪૫ ટકા હોય, તો તેને કેટલા હોર્સપાવર પુરા પાડવા જોઈશે ? આ પમ્પને ૨૦૦ વોલ્ટની ઇલેક્ટ્રીક મોટર વડે ચલાવવામાં આવે છે; જે મોટરની એપ્રીશીઅન્સી ૮૫ ટકા હોય, તો તે મોટરને કેટલા એમ્પીઅર ઇલેક્ટ્રીક પ્રવાહ પુરો પાડવો જોઈશે ?



$$\text{પાણીને ઉપાડવામાં પમ્પ વડે દર સેકન્ડે થતું કામ} = ૬૦૨ \times ૬૨.૫ \times ૭ \\ = ૨૭૧૨.૫ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં થતું ઉપયોગી કામ} = ૨૭૧૨.૫ \times ૬૦ \\ = ૧૬૨૭૫૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\text{પમ્પને ચલાવવા માટે દર મીનીટે જોઈતું કુલ કામ} = \frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{એફીશીઅન્સી}} \\ = \frac{૧૬૨૭૫૦ \times ૧૦૦}{૪૫} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા હોર્સપાવર} = \frac{૧૬૨૭૫૦ \times ૧૦૦}{૪૫ \times ૩૩૦૦૦} \\ = \underline{૧૦૦.૮૬ \text{ હોર્સપાવર.}}$$

$$૭૪૬ \text{ વૉટ} = ૧ \text{ હોર્સપાવર, અને}$$

$$\text{વૉટ} = \text{વોલ્ટ} \times \text{એમ્પીઅર.}$$

$$\text{ત્યારે, મોટર વડે આપવામાં આવતા વૉટ} = ૧૦૦.૮૬ \times ૭૪૬$$

$$\text{મોટરની એફીશીઅન્સી} = \frac{\text{બહાર આપવામાં આવતા વૉટ}}{\text{પુરા પાડવામાં આવતા કુલ વૉટ}}$$

$$\therefore \text{પુરા પાડવામાં આવતા કુલ વૉટ} = \frac{\text{બહાર આપવામાં આવતા વૉટ}}{\text{એફીશીઅન્સી}}$$

$$= \frac{૧૦૦.૮૬ \times ૭૪૬ \times ૧૦૦}{૮૫} = ૯૬૧૯ \text{ વૉટ.}$$

$$\text{વોલ્ટ} \times \text{એમ્પીઅર} = \text{વૉટ}$$

$$\therefore ૨૦૦ \times \text{એમ્પીઅર} = ૯૬૧૯$$

$$\therefore \text{પુરા પાડવામાં આવતો પ્રવાહ એમ્પીઅરમાં} = \frac{૯૬૧૯}{૨૦૦}$$

$$= \underline{૪૮.૧ \text{ એમ્પીઅર.}}$$

દાખલો ૮.—એક બોયલરમાં વાતાવરણનાં દબાણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડનું દબાણ છે, અને તે બોયલરમાં

એક પમ્પ વડે પાણી આપવામાં આવે છે. તો બોયલરમાં આપવામાં આવતાં દર પૌંડ પાણી દીઠ કેટલા ફુટ-પૌંડ કામ થાય છે તે શોધો. જો તે પમ્પ દર કલાકે ૨૦૦૦ ગેલન પાણી બોયલરમાં આપે અને તેની એપ્રીશીઅન્સી ૬૦ ટકા હોય, તો તે પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા હોર્સપાવર શોધો.

$$\text{એક પૌંડ પાણીનું ધનમાપ} = \frac{1}{0.036} \text{ ધન ઇંચ} = 27.77 \text{ ધન ઇંચ.}$$

બોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડ છે, માટે બોયલરમાં પમ્પ વડે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડનાં દબાણે પાણીને દાખલ કરવું જોઈએ.

∴ દર ચો. ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડનાં દબાણવાળાં ૨૭.૭૭ ધન ઇંચ એટલે ૧ પૌંડ પાણી વડે થતું કામ = ૧૨૦ × ૨૭.૭૭ ઇંચ-પૌંડ

$$= \frac{120 \times 27.77}{12} \text{ ફુટ-પૌંડ} = \underline{277.7 \text{ ફુટ પૌંડ.}}$$

$$\text{દર મીનીટ બોયલરમાં દાખલ થતાં પાણીનું વજન} = \frac{2000 \times 10}{60} \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં થતું ઉપયોગી કામ} = \frac{2000 \times 10 \times 277.7}{60} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

પમ્પને એક મીનીટમાં પુરું પડવામાં આવતું

$$\text{કુલ કામ} = \frac{\text{એક મીનીટમાં ઉપયોગી કામ}}{\text{એપ્રીશીઅન્સી}} = \frac{2000 \times 10 \times 277.7 \times 100}{60 \times 60} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા હોર્સપાવર} = \frac{2000 \times 10 \times 277.7 \times 100}{60 \times 60 \times 33000} \\ = \underline{4.7 \text{ હોર્સપાવર.}}$$

## એકસસાંધિજી દમી.

૧. એક મફ્ફુરીઅલ (પારાનો) બેરોમીટર ૨૯ ઇંચ દર્શાવે છે, તો આ દબાણને મીઠાં પાણીના સ્થંભની કેટલી ઉંચાઈ સમતોલ કરશે? વળી ખારાં પાણીના સ્થંભની કેટલી ઉંચાઈ તે દબાણને સમતોલ કરશે? પારાનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૧૩.૬ છે.

૨. એક ડ્રાફ્ટ-ગેજમાં ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલા પગમાં પાણીની ઉંચાઈ સૂન્યથી ૩ ઇંચ ઉપર છે અને બીજા પગમાં સૂન્યથી ૩ ઇંચ નીચે છે, તો તે ચીમણીમાં ડ્રાફ્ટ કેટલો હશે તે પાણીના હેડમાં શોધો. વળી આ હેડને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણમાં દર્શાવો.

૩. એક યુ (U) ટ્યુબ વોટર-ગેજ અથવા ગેસ પ્રેસ્યોર ગેજના બહારના અને અંદરના પગમાંનાં પાણીની સપાટી વચ્ચેના તફાવત ૪ ઇંચ માલમ પડે છે, તો પુરી પાડવામાં આવતી ગેસનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં કેટલું હશે?

૪. એક સાધારણ સકશન અથવા લીફ્ટીંગ પમ્પનું આકૃતિ સાથે વર્ણન કરો, અને તેનું કાર્ય સમજાવો. જો બકેટનો વ્યાસ ૯ ઇંચ હોય, પમ્પ રોડનો વ્યાસ ૧.૩૬ ઇંચ હોય, અને જે નાળચાં (Spout)માંથી પાણી બહાર પડે છે તે કુવાનાં પાણીની સપાટીથી ૧૬ ફુટ ઉપર હોય, તો પમ્પ રોડ અને બકેટનું વજન ધ્યાનમાં ન લેતાં બકેટના ઉપલા રટ્ટાક દરમ્યાન પમ્પ રોડ ઉપર તેનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું ખેંચાણ આવશે?

૫. ફોર્સ પમ્પ સાથે વપરાતાં એર વેસલનો ઉપયોગ સમજાવો. એક ફોર્સ પમ્પ વડે પાણીને એર વેસલથી ૧૦૦ ફુટ ઉંચે દબાવી ચઢાવવામાં આવે છે, તો એરવેસલનાં વોલ્યુમ (કદ અથવા ધનમાપ)નું કેટલું પ્રમાણ પાણીથી ભરાશે તે શોધો, અને તેમાં તે વેળાએ હવાનું દબાણ કેટલું રહેશે તે શોધો.

૬. એક સાધારણ ફેર્સ હેન્ડ-પમ્પના હાથાના છેડાનો લીવરેન્ પ્લન્જરના લીવરેન્થી પાંચ ગણો છે, અને પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૫ ચોરસ ઇંચ છે, તો બેરલની અંદર પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૫ પૌન્ડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે હાથાને છેડે કેટલું દબાણ લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૭. કુવામાંથી પાણીને ટાંકીમાં ઉંચે ચલાવવા માટે એક ફેર્સ પમ્પ વપરાય છે. પીસ્તનનો વ્યાસ ૧.૬ ઇંચ છે. પીસ્તન કુવામાંનાં પાણીની છુટી સપાટીથી ૨૦ ફુટ ઉપર છે અને ડીલીવરી પાઇપનાં ટાંકીમાં પડતાં મ્હોંથી ૪૦ ફુટ નીચે છે, તો (૧) ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં, અને (૨) જ્યારે ધર્ષણ દુર કરવામાં ૩૦ ટકા વ્યર્થ જાય, ત્યારે (અ) પમ્પમાં પાણીને ખેંચતી વેળાએ, અને (બ) પાણીને પમ્પમાંથી દબાવી ઉંચે ચલાવતી વેળા પમ્પને ચલાવવા માટે કેટલું જોર જોઈશે, અને વળી (ક) ૬ ઇંચના દરેક ડબલ સ્ટ્રોકે પમ્પમાં કેટલું કામ આપવામાં આવશે, અને કેટલું કામ પમ્પ બહાર આપશે ?

૮. સીંગલ-એક્ટીંગ અને ડબલ-એક્ટીંગ પમ્પ વચ્ચે શું તફાવત હોય છે ? એક ફેર્સ પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ઇંચ છે, તો જ્યારે પાણીને દબાવીને ૨૦ ફુટની ઉંચાઈએ ચલાવવામાં આવે ત્યારે તે ઉપરનું દબાણ શોધો.

૯. ડબલ-એક્ટીંગ ફેર્સ પમ્પની આકૃતિ કાઢી તેનું જ્યાન કરો. એક ડબલ-એક્ટીંગ ડુપ્લેક્સ (duplex એ સીલીન્ડરવાળા) ફેર્સ પમ્પમાં પીસ્તનનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, સ્ટ્રોક ૧૫ ઇંચ લાંબો છે, પમ્પથી કુવાનાં પાણીની છુટી સપાટી ૨૪ ફુટ નીચે છે, અને પમ્પથી ડીલીવરી પાઇપનાં ટાંકીમાં પડતાં મ્હોંની ઉંચાઈ ૫૬ ફુટ છે. જો દર મીનીટે સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૬૦ હોય, તો (૧) પમ્પને ચલાવવા માટે થીઅરી પ્રમાણે જોઈતા હોર્સપાવર શોધો, અને (૨) જો શક્તિના ૨૫ ટકા ધર્ષણમાં વ્યર્થ જાય તો પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા ખરેખરા હોર્સપાવર શોધો.

૧૦. એક ઉભા સોંગલ-એકટીંગ પમ્પ વડે પાણીને ૫૦ ફેધમની ઉંડાઈએથી ઉપાડવાનું છે. પમ્પનાં બેરલનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૬ ફુટ છે, અને દર મીનીટે સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૧૦ છે, તો (૧) જ્યારે પમ્પ-બકેટ તેના નીચલા સ્ટ્રોકને છોડે હોય ત્યારે પમ્પ-બકેટ ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ આવતું દબાણ શોધો, (૨) દર મીનીટે બહાર કાઢવામાં આવતાં પાણીનું વજન શોધો, અને (૩) જો પમ્પને ચલાવવા માટેનાં એન્જીનના પાવરના ૩૦ ટકા ધર્ષણ, વિગેરેમાં વ્યર્થ જાય, તો પમ્પને ચલાવવા માટે કેટલા હોર્સપાવરનું એન્જીન જોઈશે ?

૧૧. એક પમ્પ ૬૦૦ ફુટની ઉંડાઈએથી દર અર્ધા મીનીટે ૫૦૦૦ ગેલન પાણીને ઉપાડે છે. જો ધર્ષણ, વિગેરેમાં શક્તિના ૩૦ ટકા વ્યર્થ જાય, તો તે પમ્પને ચલાવવા માટે કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે ?

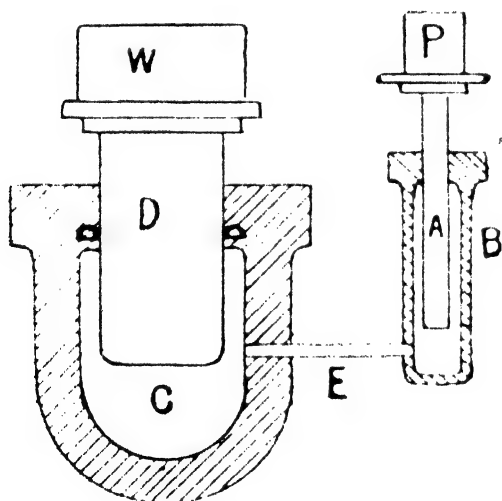
૧૨. એક સાદા બકેટ પમ્પમાં બેરલનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે અને બકેટનો સ્ટ્રોક ૨ ફુટ છે. બકેટ-રોડને કેંક સાથે જોડેલા કનેક્ટીંગ રોડની મારફતે ચલાવવામાં આવે છે; કેંક દર મીનીટે ૨૫ આંટા ફરે છે, અને પાણીનો કુલ હેડ (head) ૪૦ ફુટ છે; તો દર મીનીટે કેટલા ઘનફુટ પાણીને ઉપાડવામાં આવશે ? જો પમ્પની એપ્રીશીઅન્સી ૫૦ ટકા હોય, તો કેંકને કેટલા હોર્સપાવર આપવા પડશે ?

## પ્રકરણ ૧૦મું

### હાઇડ્રોલીક મશીન્સ

હાઇડ્રોલીક પ્રેસ. રૂની ગાંસડી બાંધવા માટેના મોટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ. હાઇડ્રોલીક જેક. હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટર.

આપણે પ્રકરણ ૮માં શીખી ગયા છીએ કે પ્રવાહી દરેક દિશામાં એક સરખી રીતે દબાણનું સંચારણ કરે છે અને વળી



આકૃતિ ૬૬.

સીલિન્ડર C તથા તેમને જોડનારી પાઇપ E પાણીથી ભરેલાં છે. જો પ્લન્જર Aનાં મથાળાં ઉપર P પૌડનું એક વજન મુકવામાં

વ્યવહારિક રીતે તે દબાષ ન શકે એવાં ( incompressible ) હોય છે. આકૃતિ ૬૬માં આ નિયમ દર્શાવ્યો છે. એક ધાતુનો પ્લન્જર A બેરલ Bમાં પસાર થાય છે. આ બેરલને એક મોટાં સીલિન્ડર C સાથે પાઇપ E વડે જોડેલું છે. સીલિન્ડર Cમાં એક ધાતુનો નક્કર રેમ D બેસાડેલો છે. બેરલ B અને

આવે, તો બેરલ Bમાંનાં પાણી ઉપર દબાણ આવશે, અને જ્યાં સુધી Pને લીધે આવતાં આ દબાણને સમતોલ કરે એટલું પુરતું વજન W મોટાં સીલીન્ડરમાંના રેમ D ઉપર લાગુ પાડવામાં આવે ત્યાં સુધી આ દબાણ રેમ ઉપર કાર્ય કરશે અને તેને ઉપર જોરથી ચઢાવશે. દર ચોરસ ઇંચ દીઠ જે કાંઈ દબાણ પ્લન્જર Aનાં તળીયાં અથવા નીચલા છેડા ઉપર હશે તેટલુંજ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ રેમનાં તળીયાં અથવા નીચલા છેડા ઉપર આવશે; દાખલા તરીકે, પ્લન્જર Aના નીચલા છેડા અથવા તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ હોય, અને રેમ Dના નીચલા છેડા અથવા તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ૩૦ ચોરસ ઇંચ હોય, તો પ્લન્જર Aને મથાળે લાગુ પાડવામાં આવતું ૪૦ પૌંડનું જોર P પ્લન્જરનાં તળીયાં ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરશે. આ દબાણનું સંચારણ તેમાં કરી પણ ઘટાડે થયા વિના રેમ D ઉપર થશે, તેટલા માટે રેમ ઉપર લાગુ પાડવા માટે જોઈતું વજન  $W = 30 \times 40 = 1200$  પૌંડ થશે. આપેલા વખતમાં ૪૦ પૌંડ વડે થતું કામ તેટલાજ વખતમાં ૧૨૦૦ પૌંડ ઉપર થતાં કામ જેટલુંજ થશે. ધારો કે પ્લન્જર Aને દબાવી ૧ ફુટ સુધી નીચે ઉતારવામાં આવે, તો પ્લન્જરે ખસેડેલું પાણી ૧ ચોરસ ઇંચ  $\times$  ૧૨ ઇંચ = ૧૨ ઘન ઇંચ જેટલું થશે, અને તેટલા માટે સીલીન્ડર Cમાં આ ૧૨ ઘન ઇંચ પાણી સમાઈ શકે એટલો પુરતો રેમ ઉપર ચઢવો જોઈએ. પણ રેમનું ક્ષેત્રફળ ૩૦ ચોરસ ઇંચ છે. ધારો કે  $S =$  રેમ જેટલો ઉપર ચઢે તે અંતર ઇંચમાં લખએ, તો  $30 \times S =$  રેમ S ઇંચ જેટલો ઉપર ચઢવાથી સીલીન્ડર Cમાં મળતી વધારાની જગ્યા અથવા વોલ્યુમ છે; પણ આ ૩૦ S ઘન ઇંચ વોલ્યુમ બેરલ Bમાંથી પ્લન્જરે ખસેડેલાં પાણીનાં વોલ્યુમની બરાબર હોવું જોઈએ.

$$\therefore ૩૦ S = ૧૨$$

$$\therefore S = \frac{૧૨}{૩૦} = ૦.૪ \text{ ઇંચ,}$$

અથવા, Pની ગતિ Wની ગતિથી ૩૦ ગણી વધારે છે, અને કામના નિયમ પ્રમાણે

$$P \times Pની ગતિ = W \times Wની ગતિ.$$

$$\therefore W \text{ શોધવા માટે—}$$

$$૪૦ \times ૧૨ = W \times ૦.૪$$

$$\therefore W = \frac{૪૦ \times ૧૨}{૦.૪} = ૧૨૦૦ \text{ પૌંડ.}$$

આ ઉપરથી માલમ પડશે કે—

P : W :: પ્લેન્જર Aનું ક્ષેત્રફળ : રેમ Dનું ક્ષેત્રફળ,  
અને Pની ગતિ : Wની ગતિ :: રેમ Dનું ક્ષેત્રફળ : પ્લેન્જર Aનું ક્ષેત્રફળ.

જ્યાં સુધી પમ્પના પ્લેન્જર અને સીલીન્ડરના રેમને લાગેવળગે છે ત્યાં સુધી આ નિયમ પ્રમાણે હાઇડ્રોલીક પ્રેસનો યાંત્રિક લાભ ( મીકેનિકલ એડવાન્ટેજ ) મેળવવામાં આવે છે. પ્લેન્જર ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું દબાણ રેમ ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ એકસરખું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, તેટલા માટે તેમનાં ઉપરનાં કુલ દબાણોનો ફેરફાર તેમનાં ક્ષેત્રફળોનાં પ્રમાણમાં હોય છે.

**દાખલો ૧.**—આકૃતિ ૬૬માં ધારો કે નાના પ્લેન્જરનો વ્યાસ ૧૩ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૫ ઇંચ છે. જો પ્લેન્જર ઉપરનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપર કુલ દબાણ કેટલું હશે અને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ કેટલું હશે? વળી જો પ્લેન્જર ૧ ફુટ નીચે ઉતરે તો રેમ કેટલો ઉપર ચઢશે?

પ્લેન્જર ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫૦ પૌંડનું દબાણ હોવાથી તેજ દબાણ રેમ ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરશે, માટે રેમ ઉપર દર ચો. ઇંચ દીઠ દબાણ = ૫૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ



રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ = રેમનું ક્ષેત્રફળ  $\times$  રેમ ઉપરનું દર  
ચો. ઇંચ દીઠ દબાણ

$$= ૧૫ \times ૧૫ \times .૭૮૫૪ \times ૫૦$$

$$= ૧૭૬.૭૧૫ \times ૫૦$$

$$= \underline{૮૮૩૫.૭૫ \text{ પૌંડ.}}$$

અથવા,

P : W :: પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

$$\frac{૫૦ \times ૧.૫ \times ૧.૫ \times .૭૮૫૪}{૧૫ \times ૧૫ \times .૭૮૫૪} : W :: \frac{૧.૫ \times ૧.૫ \times .૭૮૫૪}{૧.૫ \times ૧.૫ \times .૭૮૫૪}$$

$$\therefore W = \frac{૫૦ \times ૧.૫ \times ૧.૫ \times .૭૮૫૪ \times ૧૫ \times ૧૫ \times .૭૮૫૪}{૧.૫ \times ૧.૫ \times .૭૮૫૪}$$

$$= ૫૦ \times ૧૫ \times ૧૫ \times .૭૮૫૪ = \underline{૮૮૩૫.૭૫ \text{ પૌંડ.}}$$

Pની ગતિ : Wની ગતિ :: રેમનું ક્ષેત્રફળ : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ  
૧૨" : Wની ગતિ :: ૧૫  $\times$  ૧૫  $\times$  .૭૮૫૪ : ૧.૫  $\times$  ૧.૫  $\times$  .૭૮૫૪

$$\therefore Wની ગતિ = \frac{૧૨ \times ૧.૫ \times ૧.૫ \times .૭૮૫૪}{૧૫ \times ૧૫ \times .૭૮૫૪} = \underline{૦.૧૨ \text{ ઇંચ}}$$

**દાખલો ૨.**—જો દાખલા ૧લામાંની રચનામાં પ્લન્જર ઉપરનું કુલ દબાણ ૧૨ પૌંડ અને રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ ૧ ટન હોય, અને પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ હોય, તો રેમનો વ્યાસ કેટલો હશે?

P : W :: પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

$$૧૨ : ૧ \times ૨૨૪૦ :: ૧ \times ૧ \times .૭૮૫૪ : \text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}$$

$$\therefore ૧૨ \times \text{રેમનું ક્ષેત્રફળ} = ૨૨૪૦ \times .૭૮૫૪$$

$$\therefore \text{રેમનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{૨૨૪૦ \times .૭૮૫૪}{૧૨}$$

$$\therefore D^2 \times .૭૮૫૪ = \frac{૨૨૪૦ \times .૭૮૫૪}{૧૨}$$

$$\therefore D^2 = \frac{૨૨૪૦ \times .૭૮૫૪}{૧૨ \times .૭૮૫૪} = ૧૮૬.૬$$

$$\therefore D = \sqrt{૧૮૬.૬} = \underline{૧૩.૬૬ \text{ ઇંચ}}$$

**દાખલો ૩.**—જો પ્લેન્જરનો વ્યાસ ૨ ઇંચ હોય, રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ હોય, અને પ્લેન્જર ઉપરનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો. જો પ્લેન્જર ૧ ફુટ નીચે ઉતરે, તો રેમ કેટલો ઉપર ચઢશે ?

પ્લેન્જર ઉપરનું કુલ દબાણ =  $૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૫૦ = ૧૫૭.૦૮$  પૌંડ.

$P : W ::$  પ્લેન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

$૧૫૭.૦૮ : W :: ૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪ : ૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪$

$$\therefore W = \frac{૧૫૭.૦૮ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪}{૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪}$$

= ૩૯૨.૭ પૌંડ.

$P$ ની ગતિ :  $W$ ની ગતિ :: રેમનું ક્ષેત્રફળ : પ્લેન્જરનું ક્ષેત્રફળ

$૧૨'' : W$ ની ગતિ ::  $૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪ : ૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪$

$$\therefore W$$
ની ગતિ =  $\frac{૧૨ \times ૨ \times ૨ \times ૦.૭૮૫૪}{૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪} = \underline{૦.૪૮$  ઇંચ.

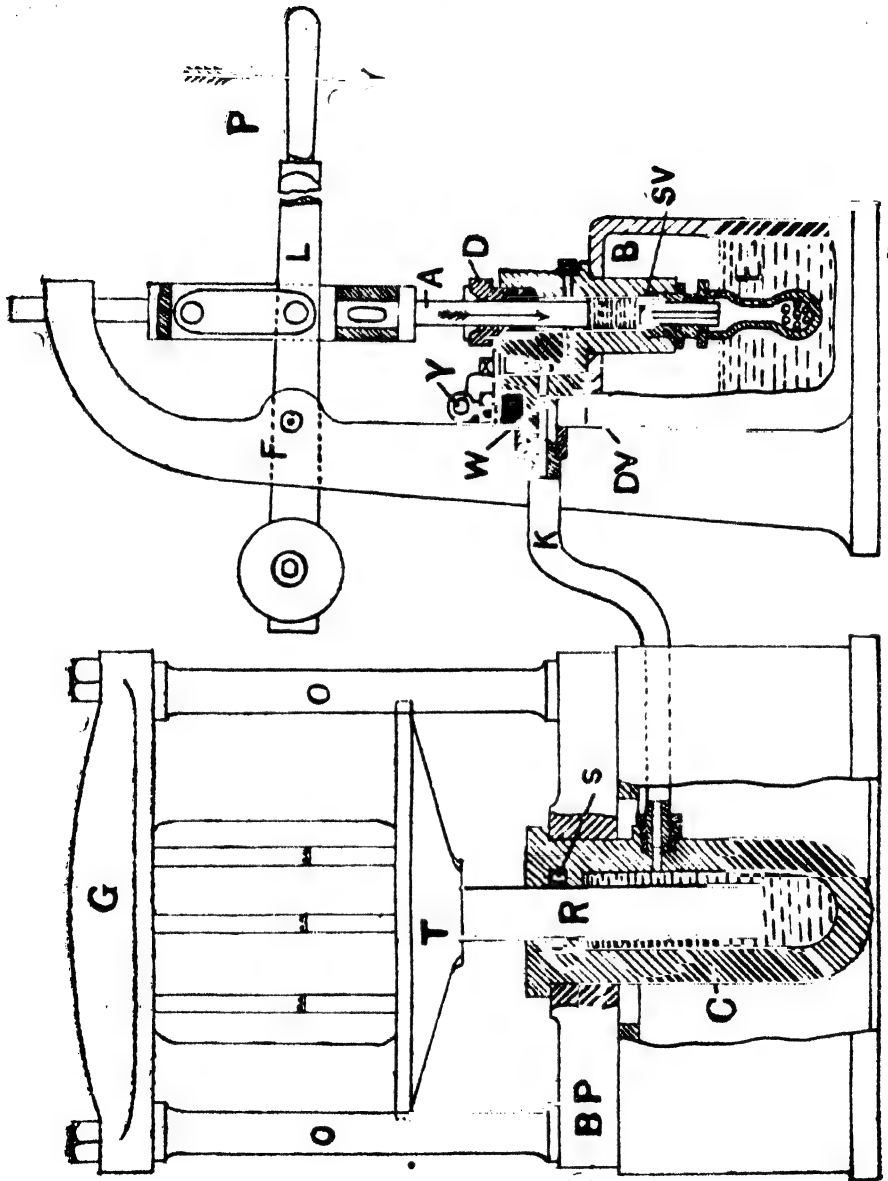
**દાખલો ૪.**—એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં પ્લેન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, અને રેમ ઉપરનું દબાણ ૬ ટન છે, તો પ્લેન્જર ઉપર કેટલું દબાણ લાગુ પાડવામાં આવતું હશે ?

$P : W ::$  પ્લેન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

$P : ૬ \times ૨૨૪૦ :: ૧ \times ૧ \times ૦.૭૮૫૪ : ૧૨ \times ૧૨ \times ૦.૭૮૫૪$

$$\therefore P = \frac{૬ \times ૨૨૪૦ \times ૧ \times ૧ \times ૦.૭૮૫૪}{૧૨ \times ૧૨ \times ૦.૭૮૫૪} = \underline{૯૩.૩૩} \text{ પૌંડ}$$

**હાઈડ્રોલીક પ્રેસ.**—આ ઉપયોગી મશીન પાસ્કલ (Pascal) નામના ફ્રેંચ ગણિતશાસ્ત્રીએ શોધી કાઢ્યું હતું, પણ આ મશીનના ચાલતા ભાગોને તે પાણી-ચુસ્ત (water-tight) કરી શક્યો ન હતા. ઇસ્વી સન ૧૭૯૬ને આશરે બ્રામાહ (Bramah) નામના એન્જનીયરે આ મુશ્કેલી દૂર કરી હતી. આક્રિતિ ૬૭માં હાઈડ્રોલીક પ્રેસ બતાવ્યો



આકૃતિ ૬૭.

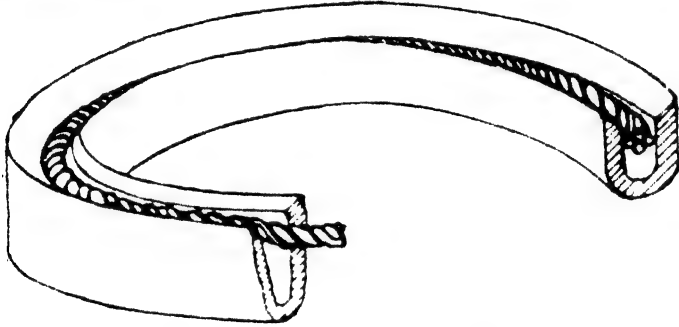
છે. આ આકૃતિ જોતાં જણાશે કે તેમાં એક સીંગલ એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પ આપેલો છે, જે ફોર્સ પમ્પનું જોડાણ પ્રેસનાં મોટાં મજબુત સીલીન્ડર C સાથે કરેલું છે, આ સીલીન્ડરમાં એક રેમ R આપેલો છે, જે રેમને પમ્પમાંથી સીલીન્ડરમાં જોરથી આપવામાં આવતાં પાણીનાં દબાણ વડે એક પાણી-ચુસ્ત કોલરમાંથી થઈને સીલીન્ડરમાંથી જોરથી બહારની બાજુએ દબાવી આપવામાં આવે છે.

પ્રકરણ ૯માં ફોર્સ પમ્પનું વર્ણન કરેલું હોવાથી હાઈડ્રોલીક પ્રેસના આ ભાગની સઘળી વિગત અત્રે ફરીને દર્શાવવાની જરૂર નથી, પણ તેની બીજી વધારાની રચના અત્રે જણાવીશું. હાઈડ્રોલીક પ્રેસ સાથના આ પમ્પમાં સક્રિય અને ડીલીવરી વાલ્વના બોક્સને પમ્પથી છુટા પાડી શકાય છે, અને વાલ્વને બહાર નીકળી જતા અટકાવવા માટે આપેલાં ઢાંકણોને કોઈ પણ પળે ખસેડી શકાય છે, જેથી વાલ્વને સહેલાઈથી તપાસી શકાય છે અથવા તેમની સીટ (seat) ઉપર ફરીને તેમને ગ્રાઈન્ડ (grind) કરી શકાય છે. પ્લન્જર A પમ્પનાં બેરલને મથાળે આપેલા સ્ટ્રીક બોક્સ અને ઝેન્ડ Dમાંથી થઈને પમ્પનાં બેરલ Bમાં પસાર થાય છે. આ સ્ટ્રીક બોક્સ અને ઝેન્ડ Dને તેમાં સણની પેકીંગ ભરીને પાણી-ચુસ્ત કરેલો હોય છે. પમ્પનાં બેરલના નીચલા ભાગને ટાંકી Eમાં બેસાડેલો છે. આ ટાંકીમાંથી બેરલને નીચલે છેડે જોડેલી સક્રિય પાઈપ અને છિદ્રોવાળી જળી એટલે સ્નેરમાંથી થઈને પાણીને ખેંચવામાં આવે છે. પમ્પના પ્લન્જરને ફલકમ F ઉપર કાર્ય કરતાં એક લીવર L વડે અથવા ડીસ્કની શાફ્ટ ઉપર આપેલા લાથા વડે ચલાવવામાં આવતી ડીસ્ક અને પીન વડે, અથવા ફ્રેંક શાફ્ટ ઉપર આપેલા લાથા વડે, અથવા પુલી અને પટા વડે ચલાવવામાં આવતી ફ્રેંક શાફ્ટ વડે, અથવા કોઈ બીજી સુગમ પડતી રચના વડે ચલાવવામાં આવે છે. પ્લન્જર Aના ઉપલા સ્ટ્રોકે પાણી સક્રિય વાલ્વ S Vને ઉઘડી પમ્પનાં બેરલમાં ખેંચાય છે, અને નીચલા સ્ટ્રોકે પાણી ડીલીવરી વાલ્વ D Vને ઉઘડી પાઈપ Kમાંથી

દબાણ સાથે પસાર થઈ પ્રેસનાં સીલીન્ડર Cમાં દાખલ થાય છે અને તેમાંના રેમ Rને ચલાવે છે, જેથી રેમને મથાળે બેડેલી ટેબલ T પણ તેની સાથે ચાલે છે. પ્રેસને મથાળે એક આડો ગર્ડર G આપેલો છે જેને તેના દરેક છેડા આગળથી થાંભલા O વડે ટેકવેલો છે. આ થાંભલાઓને પાયાની પ્લેટ (બેઝ પ્લેટ) BP સાથે સજ્જડ કરેલા છે. જે વસ્તુને દબાવવી હોય તેને ટેબલ T ઉપર મુકવામાં આવે છે, અને ટેબલ T અને આડા (cross) ગર્ડર G વચ્ચે તે ઉપર દબાણ આવે છે. પ્રેસ જેટલું દબાણ સલામતી સાથે ખમી શકે તે કરતાં દબાણ વધી જતું અટકાવવા માટે એક સેફ્ટી વાલ્વ અથવા રીલીફ (relief) વાલ્વ આપેલો છે જે આકૃતિમાં બતાવ્યો નથી. આ વાલ્વને તેની સીટ ઉપર લીવર અને વજન વડે દબાવીને રાખેલો છે. પાણી વેહ Wમાંથી પસાર થતાં રીલીફ વાલ્વ ઉપર તેને ઉપાડવાનું દબાણ કરે છે અને જે સલામતી સાથે ખમી શકે તે કરતાં દબાણ વધી જાય તો પાણી રીલીફ વાલ્વને ઉંચકીને ઉંઘાડી નાંખી પાછું ટાંકીમાં જાય છે. વસ્તુ દબાયા પછી જ્યારે તેને પ્રેસમાંથી છુટી કરવી હોય ત્યારે સ્ક્રૂ Y જેનો અંદરનો ટેપર કરેલો છેડો તેવીજ ટેપર કરેલી સીટ ઉપર બેસે છે તેને હાથા વડે દીલો કરવાથી પાણીને પાછપિ Wને રસ્તે સ્ક્રૂ Yની સીધી લીટીમાં આપેલી ઉભી પાઇપમાંથી થઈને ટાંકી Eમાં પાછું ફરવાનો માર્ગ મળે છે, જેથી રેમ R સાથે ટેબલ T નીચે ઉતરે છે અને દાગીનો પ્રેસમાંથી છુટો થાય છે.

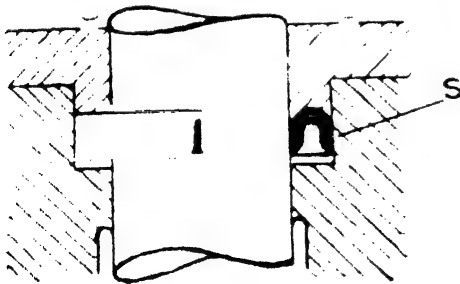
**હાઈડ્રોલીક રેમ અને પીસ્ટન માટેની ચામડાંની પેકીંગ.**—રેમ, પ્લન્ડર, અથવા પીસ્ટન અને સીલીન્ડરની વચ્ચેથી પાણીને ગળી જતું અટકાવવા માટે જુદા જુદા આકારની ચામડાંની પેકીંગ વપરાય છે. આપણે આગળ જણાવ્યું છે કે હાઈડ્રોલીક પ્રેસ પાસ્ટલે શોધી કાઢ્યા પછી રેમની ફરતેથી પાણી બહાર નીકળી જવાને લીધે કેટલોક વખત સુધી તે વ્યવહારિક રીતે નકામે માલમ પડ્યો હતો. આ મુશ્કેલી બ્રામાંહે નમનશીલ ગોળાકાર U આકારની ચામડાંની પેકીંગ વાપરીને દુર કરી હતી. પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાંથી

રેમની ફરતેથી પાણી ગળી જતું અટકાવવા મોટે હાલમાં આ U-લેધર પેકીંગ મોટે ભાગે વપરાય છે. આ U-લેધર પેકીંગ આકૃતિ ૬૮માં બતાવી છે. આ પેકીંગને નવાં મજબુત સારી રીતે કેળવેલાં ચામડાંના ગોળ ચપટા ટુકડામાંથી બનાવવામાં આવે છે. જોઈએ તેટલા કદનો ચામડાંનો ટુકડો લઈ તેને પાણીમાં સારી રીતે ભીજવવામાં આવે છે અને ચાર પછી તે ઉપર તેલ લગાડી તેને જોઈએ એવા આકાર અને કદની ધાતુની ઝાઈ (die) અથવા મોલ્ડ (બીબાં)માં જ્યાં સુધી તે U-આકાર ધારણ કરે ત્યાં સુધી તેને જોરથી દબાવી રાખવામાં આવે છે. ચામડાંનો મધ્યનો ભાગ ચાર પછી કાપી કાઢવામાં આવે છે, અને Uની ઉપલી



આકૃતિ ૬૮.

ગોળાકાર ધારોને ત્રાંસી (એવલ) છાંટી કાઢી આકૃતિ ૬૮માં દેખાડ્યા પ્રમાણે અણીવાળી બનાવવામાં આવે છે. આ પેકીંગને પ્રેસનાં રીલીન્ડરને

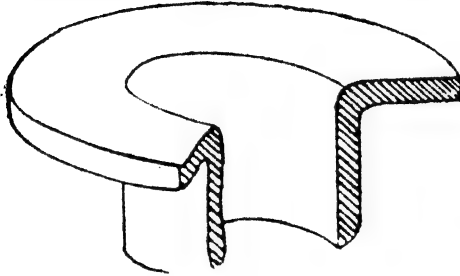


મથાળે અંદરની બાજુએ ટર્ન કરીને બનાવેલા ગોળા Sમાં આકૃતિ ૬૯માં દેખાડ્યા પ્રમાણે એવી રીતે બેસાડવામાં આવે છે કે જેથી U-પેકીંગની અંદરની ગોળાકાર જગ્યામાં

આકૃતિ ૬૯.

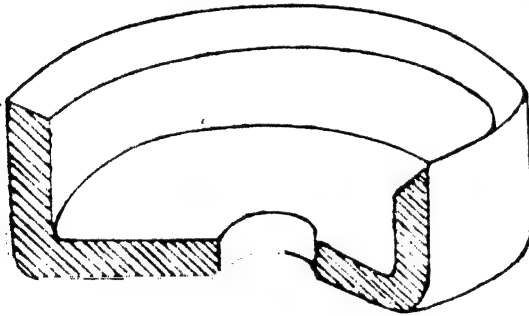
દબાણવાળું પાણી દાખલ થાય, પરિણામે જેમ પાણીનું દબાણ વધુ તેમ પેકીંગ વધારે પાણી-ચુસ્ત બને છે.

સરતા પ્લન્જર અને શેડ માટે હેટ-લેધર પેકીંગ (**Hat-leather packing**) એટલે હેટના આકારની ચામડાંની પેકીંગ સાધારણ રીતે વપરાય છે, જે આકૃતિ ૭૦માં બતાવી છે.



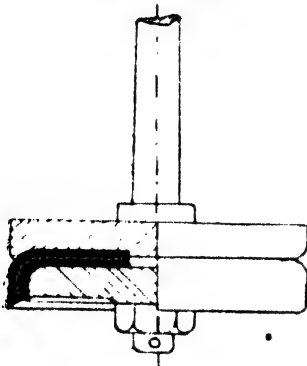
આકૃતિ ૭૦.

પીસ્તન માટે મોટે ભાગે કપ-લેધર પેકીંગ (**Cap-leather packing**) એટલે કપના આકારની ચામડાંની પેકીંગ વપરાય છે, જે આકૃતિ ૭૧માં બતાવી છે. એવી બે કપ-લેધર પેકીંગ વડે આકૃતિ

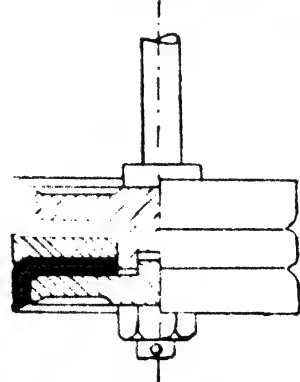


આકૃતિ ૭૧.

૭૩માં દેખાણ પ્રમાણે પીસ્તનને પેક (pack) કરવામાં આવે છે. જ્યાં પાણીનું દબાણ પીસ્તનની માત્ર એક બાજુ ઉપર કાર્ય કરતું હોય ત્યાં આકૃતિ ૭૨માં દેખાણ પ્રમાણે માત્ર



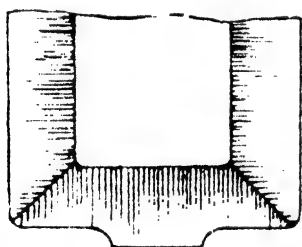
આકૃતિ ૭૨.



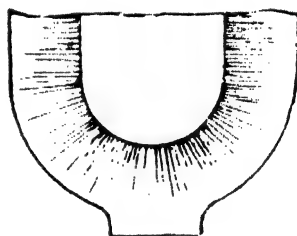
આકૃતિ ૭૩.

એકજ કપ-લેધર પેકીંગ વપરાય છે. આ કપ-લેધર પેકીંગનું કાર્ય હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાં વપરાતી U-લેધર પેકીંગને મળતુંજ છે, પણ તફાવત માત્ર એટલોજ કે કપ-લેધર પેકીંગ માત્ર સીલીન્ડરની ફરતી બાજુ સામે પાણીનાં દબાણથી એકજ દિશામાં દબાય છે, જ્યારે U-લેધર પેકીંગ પાણીનાં દબાણથી સીલીન્ડર અને રેમ એ બન્નેની સામે દબાય છે.

**હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં સીલીન્ડરનાં તળીયાંને અર્ધ ગોળાકાર બનાવવાનાં કારણ.**—ધણાં વધારે દબાણ માટેના હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં મોટાં સીલીન્ડરના નીચલા અથવા અંદરના છેડાને સંભાળ ભરેલી રીતે અર્ધ ગોળાકાર બનાવવા જોઈએ; કારણ કે ઓતક્રામ (કાસ્ટીંગ)નાં હંડા થવાની ક્રિયા દરમ્યાન બીડનાં સ્ફાટિક પોતાની મેળે થોડે ધણે અંશે સંપૂર્ણ રીતે ઓતક્રામની સપાટીને લંબ આવેલાં ક્ષેત્રમાં અથવા જે દિશામાં ગરમી બહારની બાજુએ પસાર થાય છે તે દિશામાં ગોઠવાઈ જાય છે. આકૃતિ ૭૪માં ચપટાં તળીયાંવાળાં પ્રેસનાં સીલીન્ડરનું તળીયું બતાવ્યું.



આકૃતિ ૭૪.



આકૃતિ ૭૫.

છે, અને તેમાં સ્ફાટિકોની રચના હંડી થતી સપાટીને લંબ સીધી લીટીઓ વડે દર્શાવી છે. અંદરના ખૂણાથી બહારના ખૂણા તરફ સધળે ફરતે જોર આપ્યું થતું જાય છે, જે કે બીજા ભાગ કરતાં ખુણાઓ આગળ ધાતુની જગાઈ ધણી વધારે છે; પરિણામે ખુણા આગળ ધાતુ નબળી બને છે અને અંદરના ખુણાને બહારના ખુણા સાથે જોડનારી લીટી આગળથી તૂટી જવાનો સંભવ રહે છે. પ્રેસનાં કાર્ય દરમ્યાન



આ નખળા ભાગ ઉપર સખત આંચકા અને જોર આવતું હોવાથી સીલીન્ડરનું તળીયું આકૃતિમાં દેખાડેલી આ લીટીઓ આગળથી તૂટીને બહાર નીકળી આવે છે.

આકૃતિ ૭૫માં અર્ધ ગોળાકાર તળીયાંવાળાં પ્રેસનાં સીલીન્ડરનું તળીયું બતાવ્યું છે. એમાં માલમ પડશે કે સ્ક્રીટિકોની રચના આડી દિશાથી ઉભી દિશા સુધી વધારે એક સરખી છે, જેથી સખત આંચકા અને જોર સામે તે ટકી શકે છે.

હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં  $P$  અને  $W$  વચ્ચેનું પ્રમાણ નક્કી કરવામાં નીચે પ્રમાણે બે ભાગો નક્કી કરવાના હોય છે:—

(૧)  $P$ નાં લાગુ પાડવાનાં બિંદુ  $A$  આગળ લાગુ પાડવામાં આવતાં દબાણ અને પમ્પના પ્લન્જર ઉપર  $P$  વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતાં દબાણ વચ્ચેનું પ્રમાણ, અને

(૨) પ્લન્જરનાં ક્ષેત્રફળ અને રેમનાં ક્ષેત્રફળ વચ્ચેનું પ્રમાણ. ધારો કે,  $P$  = લીવરને છેડે લાગુ પાડવામાં આવતું જોર.

$p$  = પમ્પના પ્લન્જર ઉપર  $P$  વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતું દબાણ.

$L$  = જે બિંદુ આગળ  $P$  લાગુ પાડવામાં આવે તે બિંદુથી ફલક્રમ  $F$  સુધીનું અંતર, એટલે  $P$ નો લીવરેજ.

$l$  = પ્લન્જરને લીવર સાથે જે બિંદુએ જોડેલું છે તે બિંદુથી ફલક્રમ  $F$  સુધીનું અંતર, એટલે પ્લન્જરનો લીવરેજ.

$d$  = પ્લન્જરનો વ્યાસ.

અને  $D$  = પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાંના રેમનો વ્યાસ.

સારે લીવરનું વજન અને ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં લીવરના નિયમ પ્રમાણે—

$$PL = pl,$$

$$\therefore p = \frac{PL}{l},$$

પણ  $p : W :: \text{પ્લન્ડરનું ક્ષેત્રફળ} : \text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}.$

$$\therefore p : W :: d^2 \times .૭૮૫૪ : D^2 \times .૭૮૫૪$$

અથવા  $p : W :: d^2 : D^2$

$$\therefore W = \frac{pD^2}{d^2},$$

$$\text{પણ } p = \frac{PL}{l}$$

$$\therefore W = \frac{PL}{l} \times \frac{D^2}{d^2},$$

$$\text{અને } P = \frac{Wl}{L} \times \frac{d^2}{D^2}.$$

**દાખલો ૫.**—એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં પમ્પનાં લીવરને છેડે ૩૦ પૌંડનું નેર  $P$  લાગુ પાડવામાં આવે છે. ફલક્રમથી લીવરની લંબાઈ ૬ ફુટ છે. પ્લન્ડરને લીવર સાથે એક બિંદુ આગળ નેરેડો છે, જે બિંદુ ફલક્રમથી ૪ ઇંચ દુર છે. પ્લન્ડરનો વ્યાસ ૧ $\frac{૩}{૪}$  ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે; તે રેમ વડે કરવામાં આવતું નેર અથવા  $W$  શોધો. વળી નેર  $P$ ની ૬ ઇંચ ચાલ માટે રેમ કેટલે દુર ચાલશે?

$$PL = pl$$

$$૩૦ \times ૬ \times ૧૨ = p \times ૪$$

$$\therefore p = \frac{૩૦ \times ૬ \times ૧૨}{૪} = ૫૪૦ \text{ પૌંડ}$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$૫૪૦ : W :: ૧.૫ \times ૧.૫ : ૧૦ \times ૧૦$$

$$\therefore W = \frac{૫૪૦ \times ૧૦ \times ૧૦}{૧.૫ \times ૧.૫} = \underline{\underline{૨૪૦૦૦ \text{ પૌંડ.}}}$$

કામના નિયમ પ્રમાણે—

$$P \times P \text{ની ગતિ} = p \times p \text{ની ગતિ.}$$

$$૩૦ \times ૬ = ૫૪૦ \times p \text{ની ગતિ.}$$

$$\therefore p \text{ની ગતિ} = \frac{૩૦ \times ૬}{૫૪૦} = \frac{૧}{૩} \text{ ઇંચ.}$$

$$p \text{ની ગતિ} : W \text{ની ગતિ} :: D^2 : d^2$$

$$\frac{૧}{૩} : W \text{ની ગતિ} :: ૧૦ \times ૧૦ : ૧.૫ \times ૧.૫$$

$$\therefore W \text{ની ગતિ} = \frac{૧ \times ૧.૫ \times ૧.૫}{૩ \times ૧૦ \times ૧૦} = \underline{૦.૦૦૭૫ \text{ ઇંચ.}}$$

**દાખલો ૬.**—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પમાં લીવર વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૬ : ૧ છે. પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે, તો પ્રેસમાં ઘેરાયલાં પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮૦૦ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે પમ્પનાં લીવરને છેડે કેટલા પૌંડનું નેર P લાગુ પાડવું જોઈશે ?

પ્લન્જર વડે કરવામાં આવતું કુલ દબાણ =  $૨ \times ૮૦૦ = ૧૬૦૦$  પૌંડ.

$$PL = pl$$

$$P \times ૧૬ = ૧૬૦૦ \times ૧$$

$$\therefore P = \frac{૧૬૦૦ \times ૧}{૧૬} = \underline{૧૦૦ \text{ પૌંડ.}}$$

**દાખલો ૭.**—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પમાં લીવરેજનું પ્રમાણ ૮ : ૧ છે. પમ્પનાં લીવર ઉપર ૮૦ પૌંડનું નેર લાગુ પાડવામાં આવે છે અને પ્રેસના રેમ ઉપરનો લોડ ૧૦ ટન છે, તો પ્લન્જર અને રેમના વ્યાસોનું પ્રમાણ કેટલું રાખવું જોઈશે ?

$$W = \frac{PL}{l} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$\therefore ૧૦ \times ૨૨૪૦ = \frac{૮૦ \times ૮}{૧} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$\therefore \frac{D^2}{d^2} = \frac{૧૦ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૮૦ \times ૮} = \frac{૩૫}{૧}$$

$$\therefore d^2 : D^2 :: 1 : 34$$

$$\therefore d : D :: \sqrt{1} : \sqrt{34}$$

$$:: 1 : \underline{5.83}$$

અથવા,

$$PL = pl$$

$$40 \times 4 = p \times 1$$

$$\therefore p = 160 \text{ પૌંડ}$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$160 : 10 \times 2240 :: d^2 : D^2$$

$$160 : 22400 :: d^2 : D^2$$

$$1 : 34 :: d^2 : D^2$$

$$\therefore \sqrt{1} : \sqrt{34} :: d : D$$

$$\therefore 1 : \underline{5.83} :: d : D$$

**દાખલો ૮.**—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પમ્પનાં લીવર ઉપર લાગુ પાડવામાં આવતું નેર P ૬૦ પૌંડ છે, પ્રેસના રેમ ઉપરનો લોડ W ૫ ટન છે, પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે, અને રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, તો પમ્પના પ્લન્જરને ચલાવનારાં લીવર વડે કેટલો યાંત્રિક લાભ મળવો જોઈએ તે જાણો.

$$p : W :: \text{પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ} : \text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}$$

$$p : 4 \times 2240 :: 2 : 10 \times 10 \times .7854$$

$$\therefore p = \frac{4 \times 2240 \times 2}{10 \times 10 \times .7854} = 224.2 \text{ પૌંડ.}$$

$$PL = pl$$

$$\therefore \frac{L}{l} = \frac{p}{P}$$

$$= \frac{224.2}{60} = \frac{3.737}{1}$$

$$L : l :: \underline{3.737 : 1}$$

અથવા,

$$W = \frac{PL}{l} \times \frac{\text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}}{\text{પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\therefore ૫ \times ૨૨૪૦ = \frac{૬૦ L}{l} \times \frac{૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪}{૨}$$

$$\therefore \frac{L}{l} = \frac{૫ \times ૨૨૪૦ \times ૨}{૬૦ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪} = \frac{૪.૭૫૩}{૧}$$

$$\therefore L : l :: ૪.૭૫૩ : ૧$$

**દાખલો ૯.**—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં Pનો લીવરેજ ૪૪ ઇંચ છે, અને ફલકમંથી પરપના પ્લન્જર સુધીનું અંતર ૫ ઇંચ છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે, તો (૧) P અને W વચ્ચેનું પ્રમાણ શોધો, (૨) Pની ગતિ અને Wની ગતિ વચ્ચેનું પ્રમાણ શોધો, (૩) જો  $P = ૩૦$  પૌંડ હોય તો W શોધો, અને (૪)  $W = ૪$  ટન હોય તો P શોધો.

(૧)

$$PL = pl$$

$$P \times ૪૪ = p \times ૫$$

$$\therefore p = \frac{૪૪ P}{૫} = ૮.૮ P$$

$$\frac{p}{૮.૮ P} : \frac{W}{W} :: \frac{d^2}{1 \times 1} : \frac{D^2}{6 \times 6}$$

$$\therefore W = \frac{૮.૮ P \times ૬ \times ૬}{૧ \times ૧}$$

$$= ૭૧૨.૮ P$$

$$\therefore P : W :: ૧ : ૭૧૨.૮$$

$$(૨) \text{ Pની ગતિ} : \text{Wની ગતિ} :: W : P$$

$$:: ૭૧૨.૮ : ૧$$

$$(૩) P : W :: ૧ : ૭૧૨.૮$$

$$૩૦ : W' :: ૧ : ૭૧૨.૮$$

$$\therefore W = ૩૦ \times ૭૧૨.૮ = \underline{૨૧૩૮૪} \text{ પૌંડ}$$

$$(૪) P : W :: ૧ : ૭૧૨.૮$$

$$P : ૪ \times ૨૨૪૦ :: ૧ : ૭૧૨.૮$$

$$\therefore P = \frac{૪ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૭૧૨.૮} = ૧૨.૫૭ \text{ પૌંડ}$$

**દાખલો ૧૦.**—એ પમ્પ સાથના એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં પ્લન્જરના વ્યાસો  $૨\frac{૩}{૪}$  ઈંચ અને ૧ ઈંચ છે, અને દરેક પ્લન્જરને એકજ સરખાં લીવર વડે ચલાવવામાં આવે છે, અને દરેક લીવર ઉપર એકજ સરખું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે. જ્યારે માત્ર મોટા પમ્પ ચલાવવામાં આવે છે ત્યારે પ્રેસના રેમ ઉપરનું દબાણ ૪૦ ટન છે, તો જ્યારે માત્ર નાના પમ્પ ચલાવવામાં આવે ત્યારે રેમ ઉપર કેટલું દબાણ હશે ?

લીવરેજ અને જોર બંને પમ્પમાં એકજ સરખાં હોવાથી બંને પમ્પના પ્લન્જરો ઉપરનું દબાણ  $p$  એક સરખું છે, ત્યારે મોટા પમ્પના પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ જે નાના પમ્પના પ્લન્જરનાં દબાણની બરાબર છે તે જોધવા માટે—

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$p : ૪૦ :: ૧ \times ૧ : ૨.૫ \times ૨.૫$$

$$\therefore p = \frac{૪૦ \times ૧ \times ૧}{૨.૫ \times ૨.૫} = ૬.૪ \text{ ટન}$$

મોટા પમ્પના પ્લન્જરના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનું

$$\text{દબાણ} = \frac{૬.૪}{૨.૫ \times ૨.૫ \times .૭૮૫૪} \text{ ટન}$$

નાના પમ્પના પ્લન્જરના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનું

$$\text{દબાણ} = \frac{૬.૪}{૧ \times ૧ \times .૭૮૫૪} \text{ ટન}$$

પ્રેસના રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ પ્લન્જરનાં દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં દબાણનાં પ્રમાણમાં છે.

$$\therefore \frac{૬.૪}{૨.૫ \times ૨.૫ \times .૭૮૫૪} : \frac{૬.૪}{૧ \times ૧ \times .૭૮૫૪} :: ૪૦ : W$$

$$\therefore W = \frac{૬૦૦ \times ૪૦ \times ૨.૫ \times ૨.૫ \times ૦.૭૮૫૪}{૧ \times ૧ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૬.૪}$$

$$= ૪૦ \times ૨.૫ \times ૨.૫ = ૨૫૦ \text{ ટન.}$$

**દાખલો ૧૧.**—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ  $\frac{૧}{૪}$  ચોરસ ઇંચ છે, લીવર-હેન્ડલની લંબાઈ ૩ ફુટ છે, અને ફલકમથી પ્લન્જર સુધીનું અંતર ૩ ઇંચ છે; તો જ્યારે લીવર-હેન્ડલના છેડા ઉપર ૧૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવે ત્યારે પ્લન્જરની નીચેનાં પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું દબાણ હશે?

$$PL = pl$$

$$૧૦ \times ૩ \times ૧૨ = p \times ૩$$

$$\therefore p = \frac{૧૦ \times ૩ \times ૧૨}{૩} = ૧૨૦ \text{ પૌંડ ફલ દબાણ.}$$

$$\therefore \text{પ્લન્જરની નીચે દર ચો. ઇં. દીઠ પાણીનું દબાણ}$$

$$= \frac{૧૨૦}{૪} = ૧૨૦ \div ૪ = ૪૮૦ \text{ પૌંડ.}$$

**દાખલો ૧૨.**—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પના પ્લન્જરને એક નાની ડીસ્ક-ફ્રંક વડે ચલાવવામાં આવે છે. ડીસ્કનાં મધ્યથી પીનનાં મધ્ય સુધીનું અંતર ૩ ઇંચ છે, જેથી ડીસ્કના એક આંટામાં પ્લન્જર ૬ ઇંચ ઉપર ચઢે છે અને ૬ ઇંચ નીચે ઉતરે છે. જે શાફ્ટ ઉપર ડીસ્કને ચાવીથી સંજોડ કરેલી છે તે શાફ્ટના બહારના છેડા આગળ બનાવેલા ચોરસ ભાગ ઉપર ૧૬ ઇંચ લાંબો એક લીવર-હેન્ડલ (હાથો) બેસાડેલો છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ અને રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે. જો હાથા ઉપર લાગુ પાડેલું જોર P ૩૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપરનું દબાણ શોધો.

પ્લન્જરવાળો પમ્પ સોંગલ-એક્ટીંગ હોય છે અને તેનો નીચલો સ્ટ્રોક કાર્ય કરતો (working) સ્ટ્રોક હોય છે, જે સ્ટ્રોક ડીસ્ક-ફ્રંકના અર્ધાં આંટામાં મળશે.

ડીસ્ક-ફ્રંકની શાફ્ટના અર્ધાં આંટામાં જોર P વડે પસાર થતું

$$\text{અંતર} = \frac{૨ \times ૧૬ \times ૩.૧૪૧૬}{૨} = ૧૬ \times ૩.૧૪૧૬$$

∴ P વડે થતું કામ =  $30 \times 15 \times 3.1416$ , અને તેટલાજ વખતમાં પ્લેન્જર વડે થતું કામ પણ તેટલુંજ હોવું જોઈએ.

ડીસ્કના અર્ધા આંટામાં પ્લેન્જરની ગતિ = ૬ ઇંચ છે.

$$\therefore p \times 6 = 30 \times 15 \times 3.1416$$

$$\therefore p = \frac{30 \times 15 \times 3.1416}{6} = 241.328 \text{ પૌંડ}$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$241.328 : W :: 1 \times 1 : 8 \times 8$$

$$\therefore W = 241.328 \times 8 \times 8 = 8021.288 \text{ પૌંડ.}$$

**દાખલો ૧૩.**—સીસાંની પાઈપ બનાવવા માટેના એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં રેમનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે, અને નાનો રેમ જે સીસાંને દબાવે છે તેનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે. તો જ્યારે હાઇડ્રોલીક જેન દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ ટન પાણીનું દબાણ દર્શાવે, ત્યારે સીસાં ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ શોધો.

$$\text{મોટા રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ} = 20 \times 20 \times .9858 \times 1.$$

$$\begin{aligned} &\text{એટલુંજ કુલ દબાણ નાના રેમ ઉપર પણ આવશે, માટે નાના રેમ ઉપર એટલે સીસાં ઉપર આવતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ} \\ &= \frac{20 \times 20 \times .9858 \times 1}{5 \times 5 \times .9858} = \underline{16 \text{ ટન}} \end{aligned}$$

**દાખલો ૧૪.**—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પને સ્ટીમ એન્જિન વડે ચલાવવામાં આવે છે. એન્જિનના પીસ્ટનનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૨ ઇંચ, અને વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦ પૌંડ છે. પમ્પના પ્લેન્જરનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે અને પ્રેસના રેમનો વ્યાસ ૧૪ ઇંચ છે. પમ્પના પ્લેન્જરની રચના એવી રીતે કરેલી છે કે જેથી તે બન્ને આગલા અને પાછલા સ્ટ્રોકે પાણીને દબાવી આપે છે. તો રેમ ઉપરનું દબાણ શોધો. જો એન્જિનના ડબલ સ્ટ્રોકની સંખ્યા એક મીનીટમાં ૧૨ હોય, તો તેટલાજ વખતમાં રેમ



કેટલો ઉંચે ચઢશે તે શોધો. વળી થયેલું કામ અને ખર્ચ થતા હોર્સપાવર શોધો.

$$\text{એન્જીનના પીસ્ટન ઉપરનું કુલ દબાણ} = ૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૪૦ \\ = ૩૧૪૧.૬ \text{ પૌંડ.}$$

એન્જીનના પીસ્ટન ઉપરનાં કુલ દબાણ જેટલુંજ દબાણ પમ્પના પ્લંજર ઉપર આવશે, માટે પમ્પના પ્લંજર ઉપરનું દબાણ =

$$p = ૩૧૪૧.૬ \text{ પૌંડ છે.}$$

$$\begin{aligned} p : W &:: d^2 : D^2 \\ ૩૧૪૧.૬ : W &:: ૩ \times ૩ : ૧૪ \times ૧૪ \\ \therefore W &= \frac{૩૧૪૧.૬ \times ૧૪ \times ૧૪}{૩ \times ૩} = ૬૮૪૧૭.૦૬ \text{ પૌંડ.} \end{aligned}$$

$$\text{એક મીનીટમાં પીસ્ટને પસાર કરેલું અંતર} = ૧૨ \times ૧૨ \times ૨ \\ = ૨૮૮ \text{ ઇંચ.}$$

પણ પમ્પનો પ્લંજર બંને સ્ટ્રોકે પાણીને દબાવી આપતો હોવાથી તે પીસ્ટનની બરાબરનું અંતર પસાર કરશે.

$$\therefore \text{એક મીનીટમાં પ્લંજરે પસાર કરેલું અંતર} = ૨૮૮ \text{ ઇંચ.}$$

$$\text{પ્લંજરની ચાલ : રેમની ચાલ} :: W : P$$

$$૨૮૮ : \text{રેમની ચાલ} :: ૬૮૪૧૭.૦૬ : ૩૧૪૧.૬$$

$$\therefore \text{રેમની ચાલ} = \frac{૨૮૮ \times ૩૧૪૧.૬}{૬૮૪૧૭.૦૬} = ૧૩.૨૨૪ \text{ ઇંચ.}$$

$$\text{એક મીનીટમાં થયેલું કામ} = ૧૦ \times ૧૦ \times ૦.૭૮૫૪ \times ૪૦ \times ૧ \times ૧૨ \times ૨ \\ = ૭૫૩૯૮.૪ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૭૫૩૯૮.૪}{૩૩૦૦૦} = ૨.૨૮૪૮ \text{ હોર્સપાવર.}$$

**૩ની ગાંસડી બાંધવા માટેના મોટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ.—**

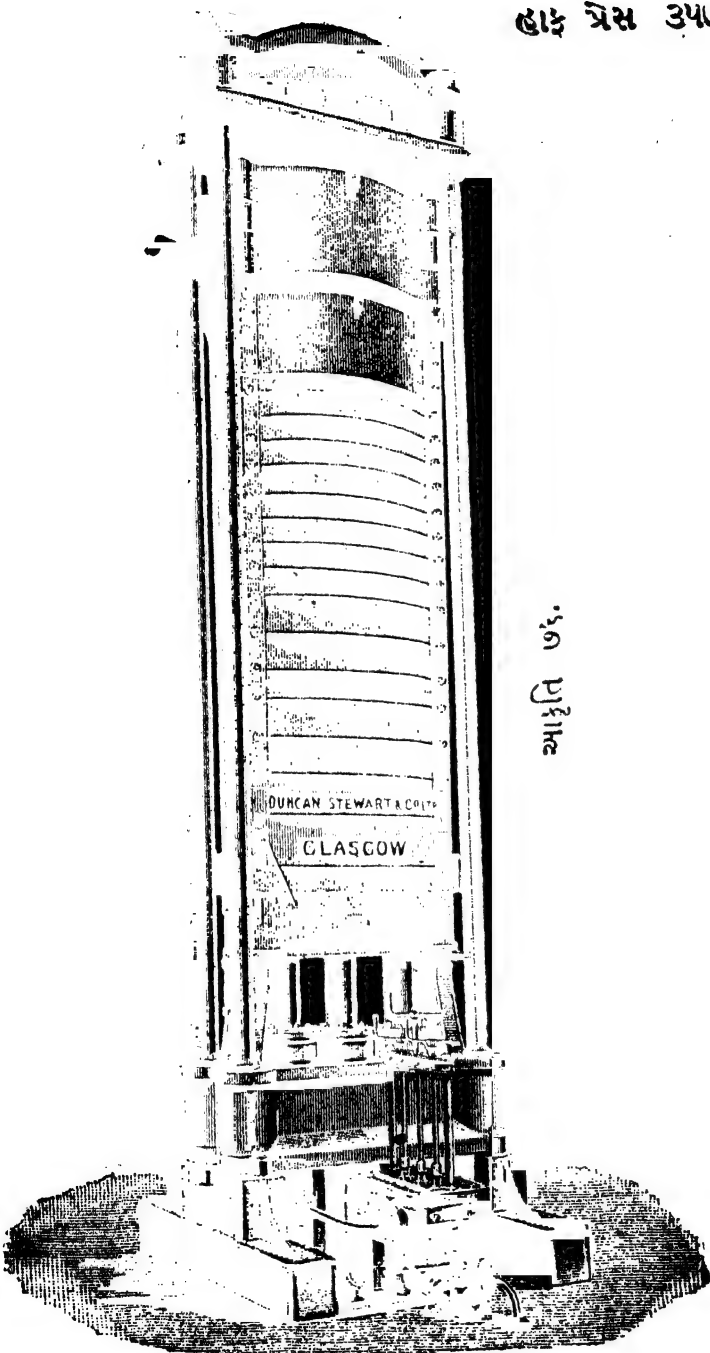
જ્યારે ૩, ઊન, સણ અને બીજા એવાજ પદાર્થોને રેલવે અથવા દરિયા માર્ગે નિકાશ કરવા હોય ત્યારે તેનું રેલવે અથવા સ્ટીમરનું નુર જેમ બને તેમ ઓછું કરવા માટે તે પદાર્થોને આ હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં મશીનરીમાં અતિશય દબાણથી દબાવે તેની ગાંસડીઓ

બાંધવામાં આવે છે. લગભગ ૪૦૦થી ૪૨૫ પૌંડનાં વજનના છુટાં રૂને ગાંસડીમાં એટલી હદે હમેશાં દબાવવામાં આવે છે કે જેથી તેનું ઘટપાણું દર ધન કુટ દીઠ લગભગ ૪૦થી ૪૫ પૌંડ થાય એટલે તેનું કદ અથવા વોલ્યુમ લગભગ ૧૦૦૫થી ૧૦૦૭ ધનકુટ થાય. આટલી હદે આવા પદાર્થને દબાવવા માટે અતિશય દબાણની જરૂર પડે છે, અને તેટલા માટે એવા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ સાથે મજબુત અને ભારે પમ્પીંગ એન્જન વપરાય છે. રૂની ગાંસડીનું ધોરણ તરીકે નક્કી કરેલું માપ અથવા કદ (Standard size) લગભગ ૪' - ૧" લાંબું × ૨૧થી ૨૨ ઇંચ ઊંચું × ૧૭ ઇંચ પહોળું હોય છે, અને દરેક ગાંસડીમાં રૂના સ્થાપક ગુણુ અને તારની લંબાઈ (staple) ઉપર આધાર રાખીને ૪૦૦થી ૪૨૫ પૌંડ રૂને આ કદમાં દબાવવામાં આવે છે.

રૂની ગાંસડી બાંધવા માટેની હાઇડ્રોલીક પ્રેસીંગ મશીનરીમાં મજબુત અને ભારે પમ્પીંગ એન્જન, હાઈ પ્રેસ, અને રૂનીશરનો સમાવેશ થાય છે. આકૃતિ ૭૬, ૭૭, અને ૭૮માં મેસર્સ હંકન સ્ટુઅર્ટની કુમ્પનીએ બનાવેલા હાઈ પ્રેસ, રૂનીશર, અને પમ્પીંગ એન્જન બતાવ્યાં છે. આ પ્રેસીંગ મશીનરીના હોદુસ્તાન માટેના એજન્ટસ મેસર્સ ડુએટ ચવનાની કુમ્પની, ચર્ચગેટ સ્પીટ, મુંબઈ છે.

**હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં રૂને દબાવી ગાંસડી બાંધવાની રીત.**—પહેલાં રૂને લગભગ ૪૦૦થી ૪૨૫ પૌંડ (રતલ) જેટલો તોલી હાઈ પ્રેસની પેટી જે લગભગ ૧૭ કુટ ઊંડી, ૪ કુટ લાંબી અને ૧૬ ઇંચ પહોળી હોય છે તેમાં ભરવામાં આવે છે. કેટલીક જગ્યાએ જ્યાં ૩ ધણો સ્થિતિ સ્થાપક હોય છે ત્યાં આ પેટી જરૂરયાત પ્રમાણે ૧૮થી ૨૦ કુટ ઊંડી બનાવવામાં આવે છે. આ પેટીમાં ૩ ભરવાનું કામ મજૂરોથી કરવામાં આવે છે. પેટીમાં ૩ ભરવાની અગાઉ બારદાન (hessian cloth) ના ટુકડાઓને નીચલી અને ઉપલી લેશીંગ પ્લેટ (lashing plates) ગાળાવાળી પ્લેટ ઉપર મુકવામાં આવે છે, અને છેડેનો દરવાજો (end releasing door) જેને “બચ્ચું”

હાઈ પ્રેસ ૩૫૭



આકૃતિ ૭૬.

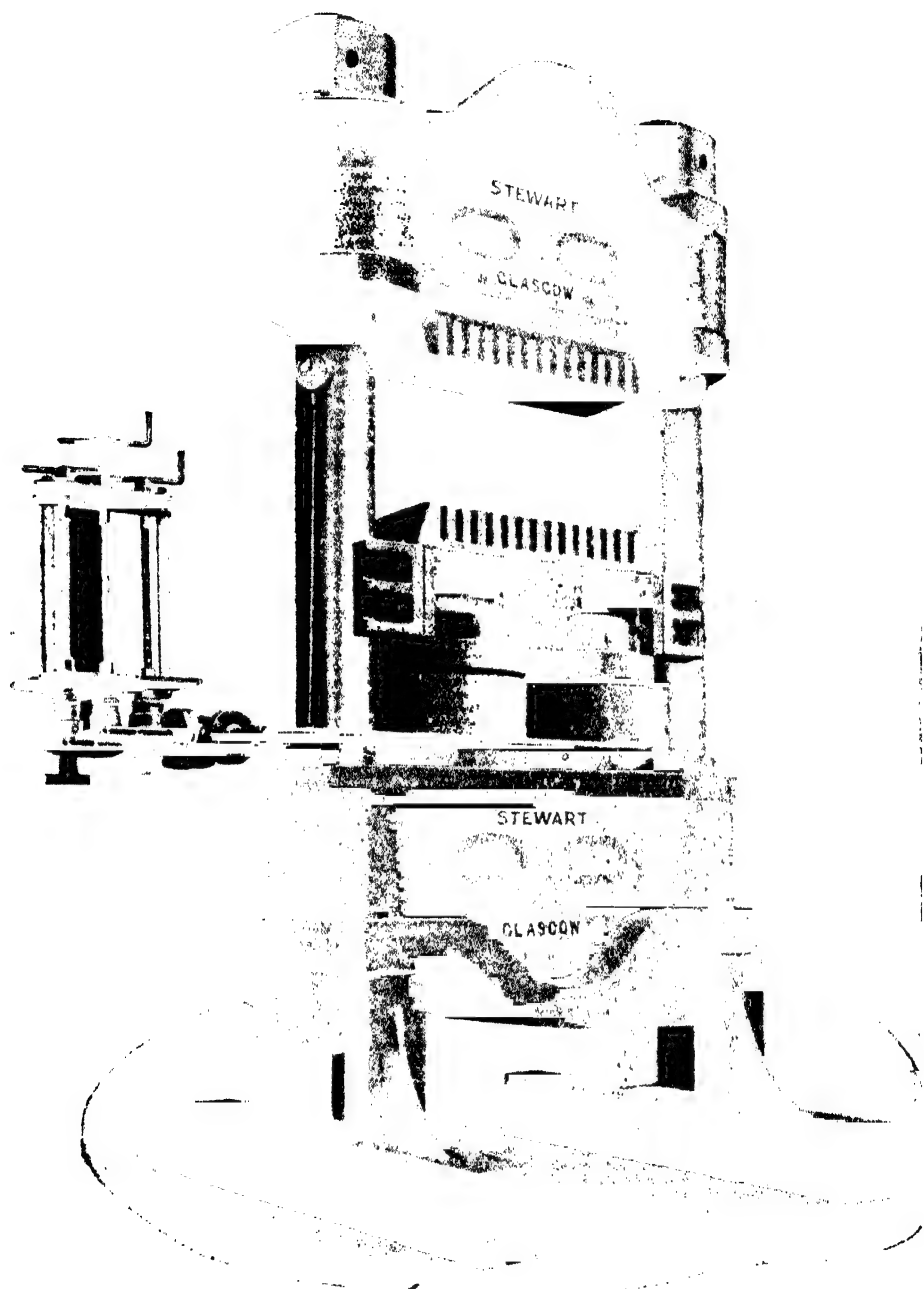
કહેવામાં આવે છે તે ચાવી વડે સજ્જડ કરી લેવામાં આવે છે. ઉપલી લેશીંગ પ્લેટ ઉપરથી બારદાનનો ટુકડો પડી ન જાય તે માટે તેની બાજુએ આપેલી નાની ખીલીઓમાં બારદાનનો ટુકડો ભેરવવામાં આવે છે. પેટી ભરાઈ રહ્યા પછી હાફ પ્રેસના દરવાજા બંધ કરી તેને ચાવી વડે સજ્જડ કરવામાં આવે છે. ત્યારે હવે હાફ પ્રેસ ૩ દબાવવા માટે તૈયાર થયો છે. આ હાફ પ્રેસમાં ૭૩ ઇંચ વ્યાસના ત્રણ રેમ હોય છે. કેટલાક પ્રેસમાં મધ્યનો રેમ ૭૩ ઇંચ વ્યાસનો અને બાજુના રેમો ૯ ઇંચ વ્યાસના આપવામાં આવે છે, જેથી પ્રેસ અને પમ્પોના રેમો ઉપરનું પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ઘટે છે. હાફ પ્રેસમાં આકૃતિ ૭૬માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ત્રણ વાલ્વ હોય છે, જેવા કે. (૧) સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ, (૨) વચ્ચેનો વાલ્વ જે પ્રેસનાં બાજુનાં બે સીલીન્ડરોમાં પાણી પુરૂં પાડવા માટે વપરાય છે, અને (૩) ડીસચાર્જ વાલ્વ જે પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાંથી પાણીનું દબાણ કાઢી નાખવા પાણીને પાછું ટાંકીમાં કાઢી નાંખવા માટે વપરાય છે.

હાફ પ્રેસનો દરવાજો બંધ કરી ચાવી વડે સજ્જડ કર્યા પછી પમ્પીંગ એન્જીનને ચાલુ કરવામાં આવે છે. પ્રેસ ચાલુ કરતી વેળા પહેલાં સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ ખોલવામાં આવે છે, અને વચ્ચેનો વાલ્વ તથા ડીસચાર્જ વાલ્વ બંધ રાખવામાં આવે છે, જેથી પમ્પ વડે પાણી સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વમાંથી થઈને માત્ર મધ્યનાં સીલીન્ડરમાં દબાણ સાથે પસાર થઈ મધ્યના રેમને ઉપર ઉંચકે છે, જેથી તેની સાથે બાજુના બે રેમો પણ ઉપર ઉંચકાય છે, જેથી ત્રણે રેમો ને મથાળે સજ્જડ કરેલો ફેલોઅર જે ઉપર લેશીંગ પ્લેટ બેસાડેલી છે તે પણ તેમની સાથે ઉંચકાય છે. તેજ વેળાએ પાણી બાજુનાં બે સીલીન્ડરોમાં પણ વેક્યુમ અને ગુસ્તવાકર્ષણથી પોતાની મેળે ઉંચે ગોઠવેલી પાણીની ટાંકીમાંથી દાખલ થઈ જેમ જેમ તેમાંના રેમો ઉપર ઉંચકાતા જાય છે તેમ તેમ પોતાની મેળે તે સીલીન્ડરો પાણીથી ભરાતાં જાય છે. જ્યારે મધ્યનાં સીલીન્ડરમાં પાણીનું દબાણ (હાઇડ્રોલીક પ્રેક્ષર) દર ચોરસ

ઇંચ દીઠ લગભગ ૩૬ ટન સુધી વધે ત્યારે વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવામાં આવે છે. વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવાથી તે વાલ્વમાં આપેલો એક વાલ્વ વચલાં સીલીન્ડર-માંનાં હાઇડ્રોલીક પ્રેસ્યોરથી બંધ થઈ જાય છે; આ એક વાલ્વ પાણીને ટાંકીમાં પાછું જતું અટકાવે છે. આ પ્રમાણે વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવાથી હવે હાઇડ્રોલીક પમ્પો બાળુનાં સીલીન્ડરોમાં પણ પાણીને દાખલ કરી તેમાંના રેમોને દબાવી આપે છે. જેવુંજ પાણી બાળુનાં સીલીન્ડરોમાં પણ દાખલ થાય છે કે તુરતજ ત્રણે રેમોનાં વધેલાં ક્ષેત્રફળને લીધે આ દરચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૬ ટનનું હાઇડ્રોલીક દબાણ ધટીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૬ ટનનું થઈ જાય છે. જ્યારે બાળુનાં સીલીન્ડરોમાં પાણીને દાખલ કરવા માટે વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવામાં આવે છે, ત્યારે વચલો રેમ લગભગ ૧૪ ફુટ જેટલો ઉચ્ચકાયલો હોય છે. ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે પમ્પો પાણીને વચલાં એક સીલીન્ડરને બદલે હવે ત્રણે સીલીન્ડરોમાં પસાર કરે છે અને ત્રણે રેમોને દબાવી ઉચ્ચકે છે, જેથી પેટીમાં ભરેલાં ૩૬ ઘટપાણું વધે છે અને પમ્પમાં દબાણ ધીમે ધીમે વધતું જાય છે. જ્યારે દબાણ આ ત્રણે રેમો ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૬ થી ૧ ટન જેટલું વધે છે, ત્યારે પમ્પીંગ એન્જીનની નજદીક આપેલી “ નોક-ઓફ વાલ્વ ” ( knock-off valve ) ની ખાસ રચના વડે પમ્પીંગ એન્જીનના આઠ લો-પ્રેસ્યોર ( ઓછાં દબાણવાળા ) પમ્પોને છુટા કરવામાં આવે છે એટલે કટ-ઓફ કરવામાં આવે છે. આ નોક-ઓફ વાલ્વને એવી રીતે સેટ કરવામાં આવે છે કે જેવુંજ દબાણ ત્રણે રેમો ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ લગભગ ૩૬ ટનનું થાય કે તુરતજ આઠ લો-પ્રેસ્યોર પમ્પોનાં પાણીને તે વાલ્વ ટાંકીમાં પાછું મોકલે છે, અને હવે માત્ર ચાર હાઈ-પ્રેસ્યોર પમ્પનું પાણી ત્રણે સીલીન્ડરોમાં દાખલ થઈ રેમોને દબાવી ઉચ્ચે ચઢાવે છે. જેવીજ ફેલોઅરને મથાળે બેસાડેલી તળીયેની લેશીંગ પ્લેટની ઉપલી સપાટી દરવાજા (locking door) ની નીચલી સપાટી બરાબર આવી પહોંચે છે અથવા તળીયેની અને મથાળેની

લેશીંગ પ્લેટો વચ્ચેનું અંતર ૨૯થી ૩૦ ઇંચ થાય કે તુરતજ ચાવી છટકાવી નાંખી બંને દરવાજાને ઉઘાડી નાંખવામાં આવે છે અને ચીપીઆ એટલે એક્સ્ટ્રેક્ટર (extractor)ને હાફ પ્રેસમાં ધુસાડવા માટે તૈયાર રાખવામાં આવે છે. જો આ વેળાએ દરવાજા ઉઘાડી નાંખવામાં ન આવે તો રૂના ધુલાવાને લીધે દરવાજા તૂટી જશે. એક્સ્ટ્રેક્ટર હાફ પ્રેસમાં જેવોજ દાખલ થયો એટલે બંને લેશીંગ પ્લેટો વચ્ચેનું અંતર લગભગ ૨૦ ઇંચ થયું કે તુરતજ પર્મ્પીંગ એન્જીન બંધ કરવામાં આવે છે અને દબાણને પહેલા અને બીજા વાલ્વ-માંના એક વાલ્વ વડે સીલીન્ડરોમાં જાળવી રાખવામાં આવે છે. હાફ પ્રેસમાં એક્સ્ટ્રેક્ટર સંપૂર્ણ દાખલ થયા પછી હાફ પ્રેસનો છેડેનો દરવાજો (end releasing door) જેને “બચ્ચું” કહેવામાં આવે છે તે ખોલી નાંખવામાં આવે છે, અને ત્યાર પછી ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ ઉઘાડવામાં આવે છે, જેથી સીલીન્ડરમાંનું દબાણવાળું પાણી ટાંકીમાં પાછું જાય છે. અને ત્રણ રેમો ફેલોઅર સાથે નીચે ઉતરે છે, તેથી રૂની દબાયેલી ગાંસડી ઉપરનું દબાણ નીકળી જાય છે, અને તે ગાંસડી હવે એક્સ્ટ્રેક્ટરમાં પકડાઈ જાય છે. એક્સ્ટ્રેક્ટરમાં પકડાયેલી આ ગાંસડીને વધુ દબાવવા માટે એક્સ્ટ્રેક્ટર સાથે પ્રીનીશરમાં લઈ જવામાં આવે છે.

હાફ પ્રેસમાં ૭૬ ઇંચ વ્યાસના ત્રણ રેમ વાપરી જે કુલ ક્ષેત્રફળ મળે છે તે ૧૩ ઇંચ વ્યાસના એક રેમનાં ક્ષેત્રફળની બરાબર હોય છે. પણ ૧૩ ઇંચ વ્યાસના એક રેમને બદલે ૭૬ ઇંચ વ્યાસના ત્રણ રેમો આપવાથી જે ઘણો મેટો લાભ થાય છે તે એ છે કે-જો ૧૩ ઇંચ વ્યાસનો માત્ર એક રેમ આપવામાં આવે તો રેમની શરૂઆતની ૧૪ ફુટ ઉંચાઈ સુધી ૭૬ ઇંચ વ્યાસનાં સીલીન્ડરોમાં તે વેળાએ જેટલું પાણી દબાવી આપવું પડે છે તેનાથી ત્રણગણું પાણી પર્મ્પીંગ એન્જીનને દબાવી આપવું પડશે, કારણ કે શરૂઆતની ૧૪ ફુટની ઉંચાઈ સુધી છુટા રૂને ૭૬ ઇંચ વ્યાસનો માત્ર એક રેમ દબાવી આપવા માટે તદ્દન પુરતો હોય છે. રેમો ૧૪ ફુટ જેટલા ઉંચે ચઢ્યા



પછીજ રૂમાંનું દબાણ ધાતું ઝડપથી વધે છે, અને ત્યારે ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે વચલો વાલ્વ ઉઘાડીને પ્રેસના રેમો અને પમ્પો ઉપરનું દબાણ ઓછું કરવાને બાબુનાં સીલીન્ડરોમાં પાણી દાખલ કરવામાં આવે છે.

**ફીનીશરમાં બે રેમ હોય છે જે દરેકનો વ્યાસ ૨૧ ઇંચ છે.** આ ફીનીશરમાં ગાંસડીને લગભગ ૧૪ ઇંચની જડાઈ સુધી દબાવવામાં આવે છે. ફીનીશરમાં ગાંસડી દબાઈને ૧૩થી ૧૪ ઇંચ જેટલી જડાઈની થતાંજ સ્ટીલની છડપટ્ટી (hoops)ની મદદ વડે ગાંસડીને બાંધવામાં આવે છે, અને ત્યાર પછી ગાંસડી ઉપરથી દબાણ કાઢી લેવામાં આવે છે. દબાણ કાઢી લીધા પછી તે ગાંસડી ધ્રુવીને તેની જડાઈ ૨૦થી ૨૧ ઇંચ જેટલી થાય છે. ફીનીશર સાથે પણ આકૃતિ ૭૭માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ત્રણ વાલ્વ હોય છે, જેવાકે, (૧) સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ જે વચ્ચે છે, (૨) ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ, અને (૩) ઈમિર્જન્સી વાલ્વ.

**ફીનીશર પ્રેસમાં રૂની ગાંસડીને દબાવવાની રીત.—**

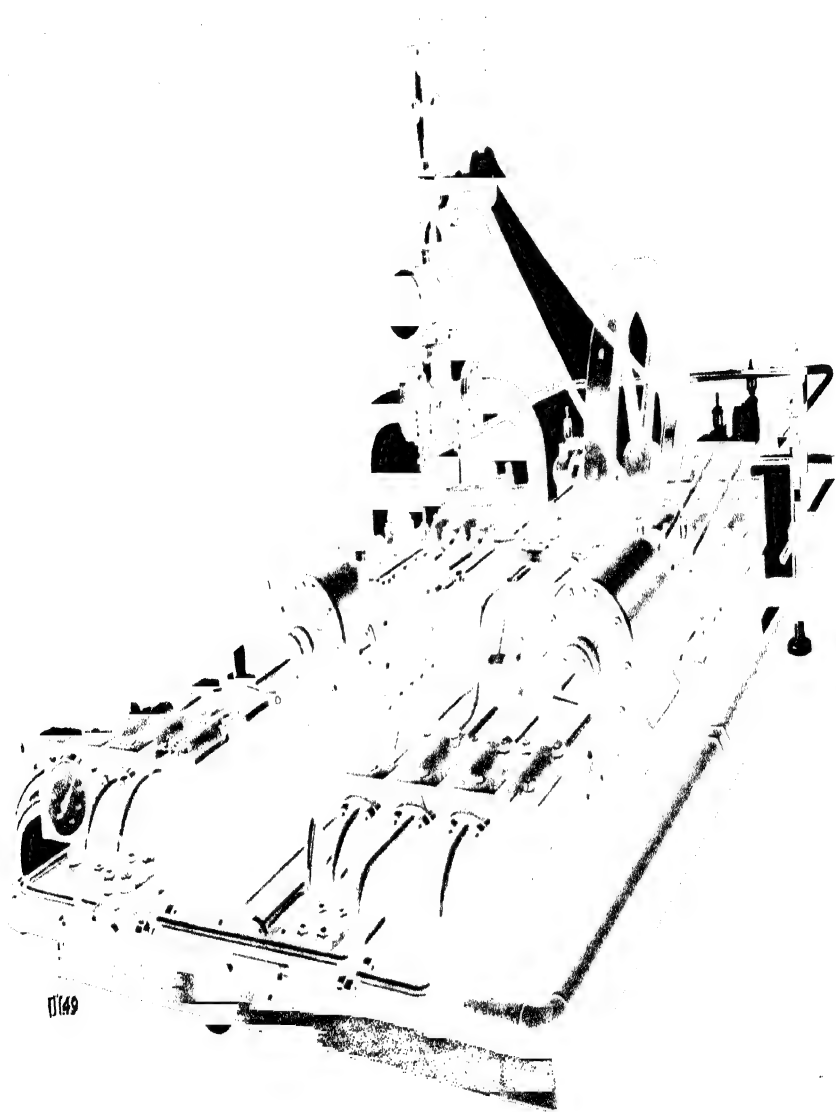
એક્સ્ટ્રેક્ટર સાથે તેમાં પકડેલી ગાંસડીને ફીનીશર પ્રેસમાં બરાબર ગોઠવ્યા પછી ફીનીશર પ્રેસનો સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ જે વચ્ચે છે તેને ખોલવામાં આવે છે અને બાકીના બે વાલ્વ બંધ રાખવામાં આવે છે. સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ ઉઘાડ્યા પછી પમ્પીંગ એન્જિન ચાલુ કરવામાં આવે છે જેથી ફીનીશરનાં બન્ને સીલીન્ડરમાં પાણી દબાણથી દાખલ થતાંજ તેના રેમ તે ઉપર બેસાડેલી લેશીંગ પ્લેટ સાથના ફેલોઅર સાથે ઉપર ચઢે છે અને ગાંસડી દબાવા માંડે છે. ગાંસડી દબાતાં જેવોજ એક્સ્ટ્રેક્ટર ટીલો થવા માંડે કે તુરતજ તેને ચપળતાથી બહાર ખેંચી લેવામાં આવે છે. જો એક્સ્ટ્રેક્ટર ખેંચતાં જરા પણ ઢીલ થાય તો તે ફીનીશર પ્રેસમાં દબાઈને તેના દાંતા તૂટી જશે. જ્યારે ગાંસડી લગભગ ૧૪ ઇંચ સુધી દબાય કે તુરતજ પમ્પીંગ એન્જિન બંધ કરવામાં આવે છે, અને જ્યાંસુધી સ્ટીલની છડપટ્ટી ગાંસડીની ફરતે બરાબર લપેટવામાં આવે ત્યાંસુધી સીલીન્ડરમાંનાં પાણીનાં દબાણને સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વમાં આપેલા ચેક વાલ્વ વડે જાળવી રાખવામાં આવે છે. ગાંસડીની ફરતે



સ્ટીલની છડપટી બરાબર લપેટાઈ રહ્યા પછી ડીસ્ટ્રાન્જ વાલ્વ ઉઘાડવામાં આવે છે, જેથી શીનીશરમાંનાં સીલીન્ડરમાંનું પાણી ટાંકીમાં પાછું જાય છે અને બન્ને રેમ ફેલોઅર સાથે નીચે ઉતરે છે. ગાંસડી ઉપરનું દબાણ નીકળી જવાથી હવે ગાંસડી પુલે છે અને છડપટી ચુસ્ત થઈ જાય છે.

તાત્કાલિક પ્રસંગે એન્જીનને થોભાવ્યા વિના હાફ પ્રેસ અને શીનીશરને થોભાવવા માટે ઇમર્જન્સી વાલ્વ ખાસ આપવામાં આવે છે. એની રચના એવી રીતે કરેલી હોય છે કે એ વાલ્વને ઉઘાડવાથી એન્જીન ચાલુ હોય તે છતાં હાફ પ્રેસ અથવા શીનીશર એ બેમાંથી જે ગમે તે ચાલુ હોય તેને ઉપર ચઢતો થોભાવી શકાય છે, અને પમ્પોનું પાણી આ વાલ્વમાંથી થઈને પાછું ટાંકીમાં જાય છે. જ્યારે હાફ પ્રેસના દરવાજા બરાબર વખતે ઉઘડે નહીં ત્યારે આ વાલ્વ ધાણું કરીને ઉઘાડવામાં આવે છે જેથી હાફ પ્રેસના રેમો ઉપર ચઢતા અટકે છે અને તેથી દરવાજો ભાંગી જતો અટકે છે, અને આ પ્રમાણે જ્યારે પ્રેસ ઉભો રહે ત્યારે માણસો દરવાજાને ઉઘાડી શકે છે. વળી જે વેળાએ વચલાં સીલીન્ડરમાં દબાણ ડૂંટનથી વધી જાય તે વેળાએ હાફ પ્રેસનો વાલ્વમેન મધ્યનો વાલ્વ ઉઘાડી બાજુનાં સીલીન્ડરોમાં પાણીને દાખલ કરવાની ગફલતી કરે ત્યારે આ ઇમર્જન્સી વાલ્વ ખોલવામાં આવે છે. જ્યારે હાફ પ્રેસ અથવા શીનીશરના રેમો થોડાં મારકા કરતાં વધારે ઉપર ચઢે ત્યારે એન્જીનને થોભાવવાની રાહ જોયા વિના આ ઇમર્જન્સી વાલ્વને ખોલી નાંખવામાં આવે છે અને તેથી ભાંગતૂટ થતી અટકાવી શકાય છે.

૩ની ગાંસડીઓ દબાવવા માટે દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૩ ટનનું હાઇડ્રોલીક પ્રેશ્યોર (પાણીનું દબાણ) મેળવવા માટે સ્ટીમ એન્જીન વડે ચલાવવામાં આવતા ભારે હાઇડ્રોલીક પમ્પો જે આકૃતિ ૭૮માં દેખાડ્યા છે તે વપરાય છે. આ હાઇડ્રોલીક પમ્પમાં ૧૨ પમ્પો હોય છે જેમાના થોડા હાઇ પ્રેશ્યોર પમ્પો હોય છે અને બાકીના લો પ્રેશ્યોર



11149

आइए ७८.

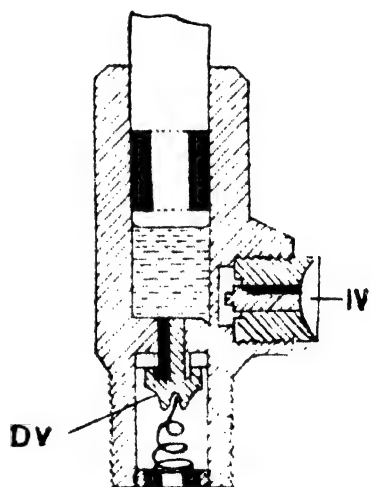
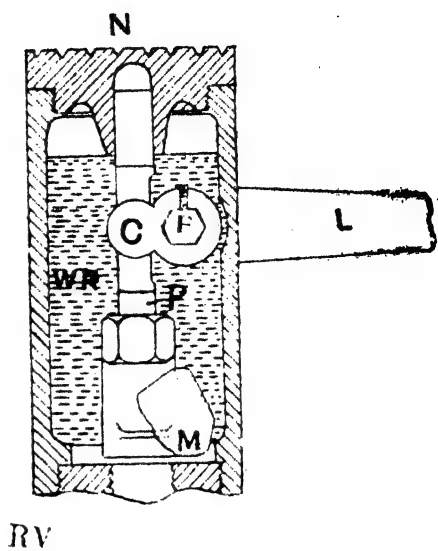
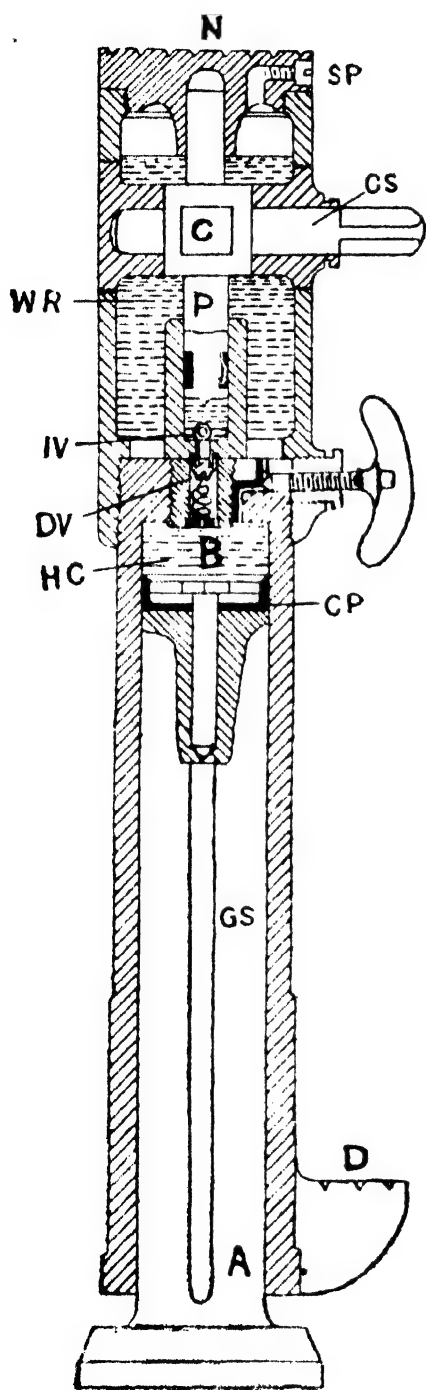
પમ્પો હોય છે. શરૂઆતમાં જ્યારે હાઇ પ્રેસમાં દબાણ ઓછું હોય છે અને જ્યારે પાણી માત્ર વચ્ચેનાં સીલીન્ડરમાં પસાર થાય છે ત્યારે સમજા ૧૨ પમ્પો કાર્ય કરે છે. સ્ટીમ એન્જીનને તે ઉપરના લોડથી મુક્ત કરવા માટે આ પમ્પો સાથે એક પોતાની મેજે કાર્ય કરતો નોક-ઓફ વાલ્વ (automatic knock-off valve) બેસાડેલો છે, જેથી જ્યારે દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ લગભગ ૬૬ ટન જેટલું થાય છે ત્યારે આ લો પ્રેસ્યોર પમ્પો પોતાની મેજે કટ-ઓફ થાય છે એટલે પ્રેસમાં પાણી આપતા બંધ થાય છે અને તેઓએ ખેંચેલું પાણી પાછું ટાંકીમાં જાય છે. બાકીના ચાર હાઇ પ્રેસ્યોર પમ્પોની મદદ વડે જ હાઇ પ્રેસ અને શીનીશર એ બંનેમાં ગાંસડીને દબાવી તૈયાર કરવામાં આવે છે.

૩ ઉપર હાઇ પ્રેસમાં લગભગ ૩૦૦ ટનનું અને શીનીશરમાં લગભગ ૧૭૫૦ ટનનું કુલ દબાણ આવે છે. આટલું બધું ભારે દબાણ ખમી શકે તે માટે હાઇ પ્રેસની ઉપલી અને નીચલી ટોપીઓ (top and bottom sills) લગભગ ૩૬ ટનનાં વજનની અને શીનીશરની ટોપીઓ (sills) લગભગ ૮ ટનનાં વજન સુધીની બનાવવામાં આવે છે.

**હાઇડ્રોલીક જેક ( Hydraulic Jack ).**—આ યંત્ર નિયમમાં હાઇડ્રોલીક પ્રેસને મળતું આવે છે. હાઇડ્રોલીક જેકમાં તેનાં પોતાનાં અંગમાં હાઇડ્રોલીક પ્રેસ અને પમ્પને સંયુક્ત કરેલો હોય છે, અને તેને એટલા સંકોચિત આકારનો બનાવેલો હોય છે કે જેથી તેને સહેલાઈથી એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઈ જઈ શકાય છે અને ટુંકા અંતરે ઘણા ભારે દાગીના ઉપાડવા માટે વપરાય છે. હાઇડ્રોલીક જેક આકૃતિ ૭૯માં બતાવ્યો છે.

જે પાયા ઉપર જેક ટેકવાયલો છે તે પાયાને નળાકાર પ્લેન્જરના આકારમાં ઉપર સુધી લંબાવેલો છે, અને તે કાર્ટ સ્ટીલનાં પોકળ કેસીંગ NDમાં બનાવેલાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HCનો રેમ અને છે જે આકૃતિમાં A અક્ષર વડે દર્શાવ્યો છે. રેમની એક બાજુએ તેની

લગભગ આખી લંબાઈ સુધી એક સમાંતર ગાળો GS કાપેલો છે, જેમાં એક સ્ટીલના સેટ સ્ક્રુનો છેડો બેસે છે, જેથી પોકળ કેસીંગ ND જેમાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HC બનાવેલું છે તે ગોળ ફરી ગયા શિવાય તેને ઉપર નીચે ચાલવાનું માર્ગ પ્રદર્શન મળે છે. આ સ્ક્રુને સીલીન્ડર HCની બાજુએ કાસ્ટ કરેલી (ઓતેલી) નીપલનાં મધ્યમાં આંટા પાડી બેસાડેલો છે (જે આકૃતિમાં બતાવ્યો નથી). રેમ Aને મથાળે મોટાં વોશર અને સ્ક્રુ-મોલ્ટની મદદ વડે એક પાણી સુસ્ત કપ-લેધર પેકીંગ CP બેસાડેલી છે. આ યંત્રનું માથું N અને ઉપલો ભાગ ચોરસ છેદચિત્રનો બનાવેલો છે. આ મથાળાના પોકળ ભાગમાં પાણી રહેવા માટેનો ખંડ (ટાંકો) WR બનાવેલો છે, જે ખંડમાં સ્ક્રુ-પ્લગ SPને બહાર કાઢી નાના વેલ્ડમાંથી પાણી ભરી શકાય છે અથવા ખાલી કરી શકાય છે. આ ઉપલા ભાગની મધ્ય રેખામાં એક નાનો ટ્રાંસ પમ્પ બેસાડેલો છે, જેનો નીચેના છેડા હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HCના ઉપલા છેડાનાં મધ્યમાં આંટાથી જોડેલો છે. પ્લન્જરને ચલાવનારી ક્રેંક શાફ્ટ CSના બહાર નીકળેલા ચોરસ છેડા ઉપર બેસાડેલા એક હાથા Lને ઉપર નીચે ચલાવી આ પમ્પને ચલાવવામાં આવે છે. ક્રેંક શાફ્ટના મધ્યના ભાગ સાથે એક ક્રેંક C સજ્જડ કરેલી છે જે ટ્રાંસ પમ્પના પ્લન્જર Pમાં આપેલા ગાળા સાથે જોડાણમાં છે, તેથી હાથાને ગતિ આપવાથી પમ્પનો પ્લન્જર ઓછી ચાલે ચાલે છે. પાણીના ખંડનાં જમણા હાથ તરફનાં છેદચિત્રની આકૃતિ અને PB લીટી ઉપરનાં છેદચિત્રની આકૃતિ જેનાં ઇન્વેટ વાલ્વ IV (પાણીના ખંડ અથવા ટાંકીમાંથી પાણીને પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ કરવા માટેનો વાલ્વ) અને ડીલીવરી વાલ્વ DV (પમ્પમાંથી પાણીને હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HCમાં દાખલ કરવા માટેનો વાલ્વ)નાં સ્થાનો દેખાશે. જ્યારે હેડ H અથવા ડ્રુટ સ્ટેપ D ઉપર મુકેલું વજન ઉપાડ્યું હોય ત્યારે રીલીવીંગ સ્ક્રુ અથવા વાલ્વ RV ટાઈટ કરવામાં આવે છે અને હેડ-લીવર Lની મદદ વડે પમ્પના પ્લન્જરને



પૅરનું ઉપરનું

ચલાવવામાં આવે છે. પરમ્પના પ્લેન્જરને ઉપર ચલાવવાથી પાણીના ખંડ અથવા ટાંકી WRમાંથી પાણી ઇન્જેટ વાલ્વ IV જે અંદરની આબુએ ઉઘડે છે તેમાંથી થઈને પરમ્પનાં ખેરલના નીચલા ભાગમાં ખેંચાય છે, અને પ્લેન્જરને નીચે દબાવવાથી આ પાણી દબાઈને ડીલીવરી વાલ્વ DV જેને સ્પ્રિંગ વડે અંધ રાખવામાં આવે છે તેમાંથી થઈને હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડરમાં જોરથી પસાર થાય છે. આ પ્રમાણે સીલીન્ડરના ઉપલા છેડા અને રેમની વચ્ચેની જગ્યા Bમાં દબાણ ઉત્પન્ન થાય છે, અને તેથી ખાંચાવાળાં હેડ H અને પુટ-સ્ટેપ D સાથે સીલીન્ડર દબાણ સાથે ઉપર ઉંચકાય છે, અને હેડ H અથવા પુટ-સ્ટેપ D ઉપર જે કાંઈ વજન અથવા ભાર મુક્યો હશે તે જોઈતી ઉંચાઈએ ઉંચકાશે. જ્યારે પાણી પુટ-સ્ટેપ Dની પાછળના નાના વેહ આગળથી બહાર નીકળે છે ત્યારે આ જેક તેની લીફ્ટ (lift ઉપાડ)ની પુરેપુરી ઉંચાઈએ હોય છે.

જ્યારે જેકને નીચે ઉતારવો હોય ત્યારે રીલીવિંગ સ્ક્રુ અથવા વાલ્વ R Vને ઢીલો કરવામાં આવે છે એટલે ઉધાડવામાં આવે છે, અને જગ્યા Bમાંનાં પાણી ઉપર દબાણ હોવાથી તેમાંનું પાણી આકૃતિમાં દેખાડેલા માર્ગોમાંથી થઈને પાણીના ખંડ અથવા ટાંકીમાં પાછું વહે છે.

જો,  $W$  = ઉપાડવાનું વજન.

$P$  = લીવરને છેડે લાગુ પાડેલું જોર.

$p$  = પરમ્પના પ્લેન્જર ઉપર  $P$  વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતું દબાણ.

$LF$  = ફલક્રમ અથવા જેક શાફ્ટનાં મધ્ય  $F$ થી લીવર-હેન્ડલની લંબાઈ.

$CF$  = ફલક્રમ અથવા જેક શાફ્ટનાં મધ્ય  $F$ થી જેકની લંબાઈ.

$D$  = રેમનો વ્યાસ.

$d$  = પરમ્પના પ્લેન્જરનો વ્યાસ.

ત્યારે,  $P \times P$ નો લીવરજ =  $p \times p$ નો લીવરજ.

$P \times LF = p \times CF$

$$\therefore p = \frac{P \times LF}{CF}$$

$p : W ::$  પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

$$p : W :: d^2 \times .૭૮૫૪ : D^2 \times .૭૮૫૪$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$\therefore W = \frac{p D^2}{d^2}$$

$$\text{પણ } p = \frac{P \times LF}{CF}$$

$$\therefore W = \frac{P \times LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$\text{અને } P = \frac{W \times CF}{LF} \times \frac{d^2}{D^2}$$

$$\therefore \text{યાંત્રિક લાભ} = \frac{W}{P} = \frac{LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2}$$

જો એપ્રીશીઅન્સી ( કાર્યસાધકત્વ ) ધ્યાનમાં લેવામાં આવે તો—

$$W = \frac{P \times LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2} \times \text{એપ્રીશીઅન્સી.}$$

હાઇડ્રોલીક જેકની એપ્રીશીઅન્સી લગભગ ૮૦ ટકા લઈ શકાય.

દાખલો ૧૪.—એક હાઇડ્રોલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. ફલકમથ્થી હાથાની લંબાઈ અને જેકની લંબાઈ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧૬ : ૧ છે, તો આ જેકનો યાંત્રિક લાભ ( મીકેનિકલ એડવાન્ટેજ ) શોધો. જો હાથાને ૭૬ પૌંડનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે, તો કેટલું વજન ઉપ્પડી શકશે ?

$$\text{યાંત્રિક લાભ} = \frac{W}{P} = \frac{LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$= \frac{૧૬}{૧} \times \frac{૨ \times ૨}{૧ \times ૧} = \underline{\underline{૬૪}}$$

$$P : W :: ૧ : ૬૪$$

$$૭૬ : W :: ૧ : ૬૪$$

$$\therefore W = ૭૬ \times ૬૪ = \underline{૪૮૬૪ \text{ પૌંડ.}}$$

અથવા,

$$W = \frac{P \times LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$\therefore W = \frac{૭૬ \times ૧૬}{૧} \times \frac{૨ \times ૨}{૧ \times ૧} = \underline{૪૮૬૪ \text{ પૌંડ.}}$$

**દાખલો ૧૫.**—એક હાઇડ્રોલીક જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ  $\frac{૩}{૪}$  ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવવા માટેના લીવરેજનું પ્રમાણ ૧૨ : ૧ છે. જો આ જેકની એપ્રીશીઅન્સી ૮૦ ટકા હોય, તો ૪ ટનનું વજન ઉપાડવા માટે દ્વાયાને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈશે?

$$P = \frac{W \times CF}{LF} \times \frac{d^2}{D^2}$$

$$= \frac{૪ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૧૨} \times \frac{૩ \times ૩}{૪ \times ૪ \times ૪ \times ૪} = ૨૬.૨૫ \text{ પૌંડ}$$

પણ આ જેકની એપ્રીશીઅન્સી ૮૦ ટકા છે, માટે જોઈતું જોર ૮૦ : ૧૦૦નાં પ્રમાણમાં વધશે.

$$\therefore ૮૦ : ૧૦૦ :: ૨૬.૨૫ : P$$

$$\therefore P = \frac{૨૬.૨૫ \times ૧૦૦}{૮૦} = \underline{૩૨.૮૧૨૫ \text{ પૌંડ}}$$

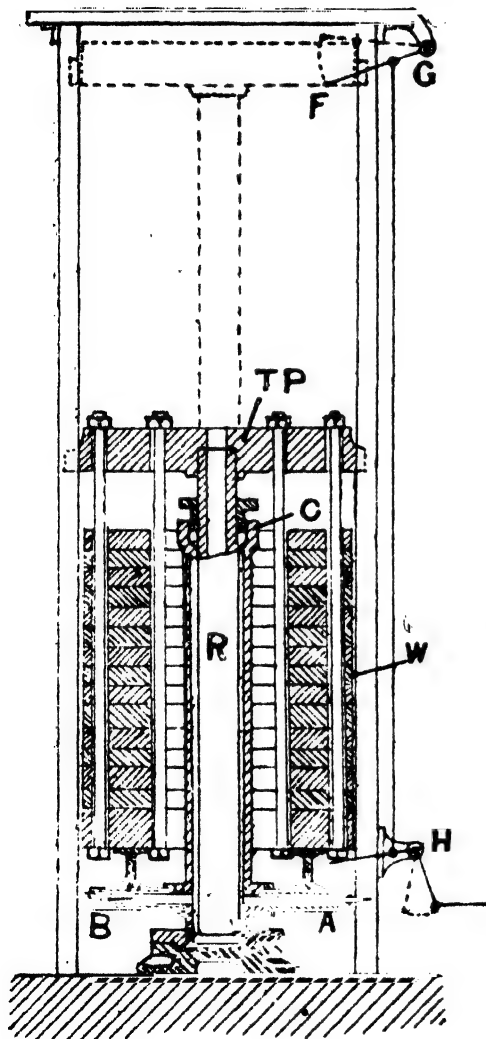
**દાખલો ૧૬.**—એક હાઇડ્રોલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૬ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ  $\frac{૩}{૪}$  ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવવા માટેના લીવરેજનું પ્રમાણ ૧૦ : ૧ છે, તો આ જેકમાં ગતિનું પ્રમાણ શોધો. પ્રયોગ ઉપરથી માલમ પડ્યું કે જેકનાં હેડ ઉપર મુકેલું ૮૫૦૦ પૌંડનું વજન લીવરના છેડા આગળ લાગુ પાડેલાં ૨૦





વેળાએ સૌથી વધુમાં વધુ જેટલી શક્તિની જરૂર પડે તેટલી પુરતી હોવી જોઈએ, અને તે શક્તિ દરેક વખતે અને કોઈપણ વેળાએ તે મશીનો ચલાવવા માટેની માંગણીને પહોંચી વળવી જોઈએ. એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો એન્જીન અને પમ્પો એટલાં પુરતાં કદનાં હોવાં જોઈએ કે જેથી સધળાં મશીનો જરૂર પડે ત્યારે એકી વેળાએ કોઈ પણ વખતે ચલાવી શકાય. લીફ્ટ, વિગેરે માટે જ્યાં ઓછાં દબાણવાળાં પાણીની જરૂર હોય છે ત્યાં જે મકાનમાં લીફ્ટ (માણસો, સામાન, વિગેરેને મકાનનાં ભોંયતળિયાંથી ઉપલા માળે ઉપર લઈ જવા માટેનું યંત્ર) જોઈતી હોય તે મકાનના સૌથી ઉંચા ભાગને મથાળે એક ટાંકી અને મકાનનાં ભોંયતળિયાંની સપાટીની હેઠળ બીજી ટાંકી ગોઠવીને આ હેતુ પાર પાડવામાં આવે છે. ત્યાર પછી ભોંયતળિયેની ટાંકીમાંથી મથાળેની ટાંકીમાં પાણીને થોડે ધણે અંશે ચાલુ ચલાવવા માટે નાનાં ગેસ અથવા ઓઇલ એન્જીન અથવા ઇલેક્ટ્રીક મોટર વડે પટાની મદદથી ચલાવવામાં આવતા પમ્પ અથવા વર્ધીજન ટુબ્લેક્સ સ્ટીમ પમ્પનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મથાળે મુકેલી ટાંકીમાંનાં પાણીનો “હેડ” જે પુરતો હશે, તો લીફ્ટને જોઈતી ઝડપે ચલાવશે, અને લીફ્ટનાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડરમાંથી વપરાઈને બહાર નીકળતું પાણી ભોંયતળિયાંની હેઠળ એસાડેલી ટાંકીમાં પસાર થશે, જે પાણીને લીફ્ટને ચલાવવા માટે ફરી ફરીને પાછું ઉપલી ટાંકીમાં ચલાવવામાં આવશે. જે લીફ્ટ કેટલોક વખત સુધી બંધ રહે ત્યારે પમ્પને ગેસ અથવા ઓઇલ એન્જીન વડે ચલાવનારા પટા માટેના ખસી રોકે એવા ફેર્ક (ચીપીઆ) સાથે દોરડાં અથવા સાંકળ વડે જોડેલો ઉપલી ટાંકીમાં આપેલો એક ફ્લોટ (float) પટાને લુસ પુલી ઉપર ખસેડશે અથવા વર્ધીજન પમ્પનો સ્ટીમ વાલ્વ બંધ કરી તેમાં દાખલ થતી વરાળ બંધ કરશે, જેથી પમ્પો ચાલતા પોતાની મેજે અટકી જશે, જ્યારે લીફ્ટને ચાલુ કરવામાં આવે ત્યારે ઉપલી ટાંકીમાંનું પાણી લીફ્ટનાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડરમાં દાખલ થવા માંડવાથી તે ટાંકીમાંનાં પાણીની સપાટી

નીચે ઉતરવાથી તે ટાંકીમાં આપેલો ફ્લોટ પણ નીચે ઉતરવા માંડશે, જેથી દોરડાં અથવા સાંકળન હવે ઉલટી ગતિ મળશે, તેથી કોઈ ઉલટી દિશામાં ખસી પડાને ફાર્ટ પુલી ઉપર લાવશે અથવા સ્ટીમ વાલ્વને ઉઘાડશે અને પમ્પન ચાલુ કરશે.



આકૃતિ ૮૦

પણ કેન, વિગેરે ચલાવવા માટે જ્યાં દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં પાણીનાં દબાણને ધણું સાધારણ લેખવામાં આવે છે ત્યાં આટલું મોટું દબાણ ઉંચે ગોઠવેલી ટાંકી વડે મેળવવું અશક્ય છે, કારણ કે દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનું દબાણ મેળવવા માટે ટાંકીને ઓછામાં ઓછી ૧૬૦૦ ફુટની ઉંચાઈએ ગોઠવવી પડે છે અને તેમ કરવું અશક્ય હોય છે. આવા સંજોગો હેઠળ જે માર્ગ રહે છે તે એ છે કે એવાં કામો માટે એક સાદી અને નાની જગ્યામાં રહી શકે એવી રચના જેને “એક્યુમ્યુલેટર” કહે છે તે વાપરવી જોઈએ. આકૃતિ ૮૦માં હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરની સાધારણ રચના બતાવી છે. આ કામ માટે જે પમ્પીંગ એન્જીન વપરણ

છે તે જોડીમાં (in pairs) બનાવવામાં આવે છે. પમ્પની લીલીવરી પાઈપ A ને એક્ઝ્યુચ્યુલેટરનાં સીલીન્ડરનાં તળીયાં આગળ જોડેલી છે. પમ્પ પાણીને જોરથી દબાવી આ પાઈપ A ને રસ્તે એક્ઝ્યુચ્યુલેટરનાં સીલીન્ડર C માં દાખલ કરે છે, અને તે સીલીન્ડરમાંના રેમ R ને તેને મથાળે જોડેલા ક્રેસ હેડ અથવા ટી (T) આકારના ભાગ TP અને TP ની નીચલી બાજુએ લટકાવેલાં વજનો W અથવા ડેડ લોડ (dead load) સાથે જ્યાં સુધી રેમ પોતાના સ્ટ્રોકને છેડે F આગળ પહોંચે ત્યાં સુધી ઉપર ચઢાવે છે. સ્થાન F સુધી ઉંચે ચઢાવેલાં વજનો બદ્ધ શક્તિ એટલે પોતેન્શીઅલ એનર્જીનો ભંડાર છે, જે શક્તિને મરજી પડે ત્યારે ફેન વિગેરે ચલાવવા માટે સીલીન્ડરનાં તળીયાં આગળ જોડેલી પાઈપ B મારફતે પુરી પાડવામાં આવે છે. લીવર G અને H વડે પમ્પ પોતાની મેજે ચાલુ અને બંધ થાય છે. બેલ ફ્રંક લીવર H ના એક આર્મનું જોડાણ એક રોડની મદદ વડે પમ્પીંગ એનજીનના થ્રોટલ વાલ્વ સાથે અથવા જે પમ્પને એનજીન ઉપરથી પુલીઆ અને પટા વડે ચલાવવામાં આવતો હોય તો પટાને ખસેડનારાં ગીઅર સાથે કરેલું છે. મથાળેનાં લીવર G અને તળીયેનાં બેલ ફ્રંક લીવર H ને એક ઉભા રોડ વડે એકેક સાથે જોડેલાં છે. જ્યારે રેમ તેનાં સૌથી ઉંચા સ્થાન F ની નજદીક આવે છે ત્યારે લીવર G ટી આકારના ભાગ સાથે અડી જઈ અંકિત લીટીમાં દેખાડ્યા પ્રમાણેનાં સ્થાને ઉચ્ચાય છે, જેથી નીચલાં બેલ ફ્રંક લીવર H નો ડાબા હાથ તરફનો આર્મ પણ ઉચ્ચાય છે, તેથી બેલ ફ્રંક લીવરનો બીજો આર્મ પમ્પીંગ એનજીનના થ્રોટલ વાલ્વ સાથે જોડેલા અથવા પટાને ખસેડનારાં ગીઅર સાથે જોડેલા રોડને ડાબા તરફ અંકિત લીટીમાં દેખાડ્યા પ્રમાણેનાં સ્થાને ખેંચી થ્રોટલ વાલ્વ બંધ કરી નાંખે છે અથવા પટાને ફાસ્ટ પુલી ઉપરથી લુસ પુલી ઉપર ખસેડે છે, જેથી પમ્પ પોતાની મેજે ચાલતા અટકી જાય છે. હવે એક્ઝ્યુચ્યુલેટરનાં સીલીન્ડરમાં જે પાણીને વજનો W વડે દબાવી રાખેલું છે તે પાણી

જ્યારે કેમ અથવા પીપ્પી વેલ્સ ચાલુ કરવાથી વેપસથા સારું છે ત્યારે રેમ ઉપર લાંબામાં વજનો અથવા ડેડ લોડ Wના ભારથી રેમ નીચે ઉતરી પાણી ઉપરનાં દર ચોક્કસ ઈચ દીઠ દબાણને એકસરખું (નિયંત્ર) રાખે છે. જ્યારે રેમ તે ઉપર લાંબામાં વજનો સાથે તેનાં નીચક્ષ્મ સ્થાનની નજદીક આવે છે ત્યારે વજનોનું તળીયું ખેલ કુદ લીધર પીપ્પી ડાખા લાય તરફના આર્મ સાથે ઘસડી જઈ રેમ અને વજનો સાથે આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણનાં સ્થાને નીચે આવે છે. તેથી ખેલ કુદ લીધરનો પીપ્પી આર્મ પમ્પીંગ એન્જીનના ડ્રોટલ વાલ્વ સાથે અથવા પટાને ખસેડનારાં ગીઅર સાથે જોડેલા રોડને જમણી તરફ ખસેડી ડ્રોટલ વાલ્વ ઉઘાડે છે અથવા પટાને લુસ પુલી ઉપરથી ફાર્ટ પુલી ઉપર ખસેડે છે, પરિણામે પમ્પ પોતાની મેળે ચાલુ થઈ જાય છે. જો હાઇડ્રોલીક મશીનો, જેવાં કે, કેન, વિગેરે ચાલુ કાર્ય કરતાં હોય ત્યારે એક્યુમ્યુલેટરનો રેમ-સૌથી નીચક્ષ્મ સ્થાને રહે છે અને તેથી પમ્પ ચાલુ રહે છે, કારણ કે હવે પમ્પમાંનું પાણી કેનો, વિગેરેમાં સીધું દાખલ થાય છે, અને જો પમ્પ વડે પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણીનો જથ્થો મશીનો ચલાવવા માટે જોઈતા પાણીના જથ્થા કરતાં વધુ હોય છે ત્યારે તે વધારાનો જથ્થો એક્યુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડરમાં જાય છે.

કેટલાક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરમાં વજનો Wને બદલે રેમને મથાળે ખેસાડેલા ટી આકારના લાગ TPની નીચલી બાજુએથી એક લોહાની નળી લટકાવવામાં આવે છે, જે નળામાં લોખંડના રેડી ટુકડાઓ લોખંડનો મેલ (slag), અથવા રેતી, અથવા બીજા નકામા વજન-દાર પદાર્થો ભરવામાં આવે છે. નળાનું અને તેમાં ભરેલા પદાર્થનું વજન રેમ ઉપર ડેડ લોડ તરીકે કાર્ય કરે છે.

એક્યુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડર Cના ઉપલા છેડા આગળ એક સ્ટફીંગ બોક્સ અને ગેન્ડ આપેલાં છે. આ સ્ટફીંગ બોક્સમાં સણુની મજબુત ગુંથેલી પેકીંગ બ્લાઈટ લેડ (સફેદો) લગાડી ભરવામાં આવે છે, અને જ્યાં સુધી સીલીન્ડરમાંનાં પાણીનું ચાલુ દબાણ ગળી જઈ શકે

નહી ત્યાં સુધી આ પેકીંગનાં મથાળાં ઉપર ગ્લેન્ડને સ્ટડો અને નટોની મદદ વડે નીચે ઉતારી પેકીંગને સજ્જત કરવામાં આવે છે. એક્યુમ્યુલેટરના આ સાદા આકાર માટે કપ-લેધર પેકીંગ ભાગ્યેજ વપરાય છે. પમ્પના સ્ટફીંગ બોક્સ માટે વપરાતી સાધારણ પેકીંગ એક્યુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડરના સ્ટફીંગ બોક્સ માટે ચાલી શકે છે.

હાઇડ્રોલીક કેનો અને લીફ્ટો ચલાવવા માટે જોઈતું સાધારણ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ લગભગ ૭૦૦ પૌંડ હોય છે, અને હાઇડ્રોલીક રીવેર્ટીંગ મશીનો માટે દબાણ વારંવાર દર ચો. ઇંચ દીઠ ૨૦૦૦ પૌંડનું હોય છે, અને હાઇડ્રોલીક પ્રેસો માટે તે લગભગ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨થી ૩ ટનનું હોય છે.

જ્યારે આપણે રેમ ઉપર કાર્ય કરતું દબાણ જાણતા હોઈએ, અને રેમનો વ્યાસ તથા સ્ટ્રોક આપેલા હોય ત્યારે તે રેમની શક્તિ (એનર્જી) નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય છે :—

ધારો કે,  $D$  = રેમનો વ્યાસ ઇંચમાં,

$S$  = સ્ટ્રોકની લંબાઈ ફુટમાં,

અને  $P$  = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ રેમ ઉપરનું દબાણ પૌંડમાં.

ત્યારે, રેમની શક્તિ (એનર્જી) = રેમ ઉપરનું પાણીનું કુલ દબાણ  $\times$  સ્ટ્રોક =  $D^2 \times .૭૮૫૪ \times P \times S$ .

જો એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ આપેલો હોય, તો એક્યુમ્યુલેટર ઉપરના આપેલા લોડ વડે મળતું પાણીનું દબાણ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય :—

ધારો કે,  $P$  = એક્યુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનું દબાણ દર ચો. ઇંચ દીઠ પૌંડમાં,

$d$  = એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ઇંચમાં,

અને  $L$  = લાંબાઈ વજન અથવા ડેડ લોડ પૌંડમાં.

ત્યારે,  $P \times d^2 \times .૭૮૫૪ = L$

$$\therefore P = \frac{L}{d^2 \times .૭૮૫૪}$$

$$= \frac{L}{\text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\text{અને રેમનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{L}{P}$$

દાખલો ૧૭.—એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરમાં રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે અને તે ઉપર લાધેલું વજન ૩૬ ટન છે, તો પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શોધો.

$$P \times d^2 \times .૭૮૫૪ = L$$

$$P \times ૧૨ \times ૧૨ \times .૭૮૫૪ = ૩૬ \times ૨૨૪૦$$

$$\therefore P = \frac{૩૬ \times ૨૨૪૦}{૧૨ \times ૧૨ \times .૭૮૫૪} = ૭૧૩ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.}$$

દાખલો ૧૮.—એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે કેટલું વજન લાધવું જોઈશે ?

$$\text{વજન ટનમાં} = \frac{૮ \times ૮ \times .૭૮૫૪ \times ૭૦૦}{૨૨૪૦} = ૧૫.૭૦૮ \text{ ટન}$$

દાખલો ૧૯.—એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમ ઉપર લાધેલું વજન ૧૨૦ ટન છે, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦૦૦ પૌંડનું દબાણ મેળવવા માટે રેમનો વ્યાસ કેટલો જોઈશે ?

$$P \times d^2 \times .૭૮૫૪ = \text{લાધેલું વજન}$$

$$૨૦૦૦ \times d^2 \times .૭૮૫૪ = ૧૨૦ \times ૨૨૪૦$$

$$\therefore d^2 = \frac{૧૨૦ \times ૨૨૪૦}{૨૦૦૦ \times .૭૮૫૪} = ૧૭૧.૧૨૨૯$$

$$\therefore d = \sqrt{૧૭૧.૧૨૨૯} = ૧૩.૦૮ \text{ ઇંચ.}$$

દાખલો ૨૦.—૧૬ ઇંચ વ્યાસના રેમ સાથેના એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરને એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસ સાથે જોડેલો છે. પ્રેસના રેમનો વ્યાસ ૨૬ ઇંચ છે. એક્યુમ્યુલેટર ઉપરનો લોડ (વજન) ૮૦ ટન છે, તો પ્રેસ કેટલાં જોરથી દબાણ કરશે તે શોધો.

એક્યુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ

$$\text{દબાણ દનમાં} = \frac{\text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}}{\text{૯૦}} = \frac{૧૬ \times ૧૬ \times ૦.૭૮૫૪}{૯૦}$$

આ દબાણનું સંચારણ પ્રેસના રેમના દર ચો. ઇંચ ઉપર થશે.

∴ પ્રેસની રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૦.૧૬ ટન/ચો. ઇંચ

$$= \frac{૧૬ \times ૧૬ \times ૦.૭૮૫૪}{૯૦} \times ૧૬ \times ૧૬ \times ૦.૭૮૫૪ = ૦.૦૦૦૦૦૦૦૦$$

$$= \frac{૮૪૫}{૯૦} = ૯.૩૯ ટન$$

જ્યારે વોટર પ્રેશ્યોર એન્જીનને ચલાવવા માટે હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર વપરાય છે, ત્યારે તે એન્જીનના હોર્સપાવર ને રીતે સ્ટીમ એન્જીનના હોર્સપાવર શોધવામાં આવે છે તેની રીતે શોધી શકાય છે, અને તે માટેની ફોર્મ્યુલા નીચે પ્રમાણે છે—

$$\text{હોર્સપાવર} = \frac{\text{PALN}}{૩૩૦૦૦}$$

દાખલો ૨૧.—એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર જેના રેમનો વ્યાસ ૧૫ ઇંચ છે તે ઉપર ૫૦ ટનનું વજન લાદેલું છે. આ એક્યુમ્યુલેટરમાંથી દબાણવાળાં પ્રાણીને એક સીંગલ-એક્ટીંગ વોટર-પ્રેશ્યોર એન્જીનમાં પુરું પાડી તેને ચલાવવામાં આવે છે. આ એન્જીનના પીસ્ટન-વલનરનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, સ્ટ્રોક ૧૨ ઇંચનો છે, અને દર મીનીટ આઠાની સંખ્યા ૬૦ છે, તો તે એન્જીન વડે ઉત્પન્ન થતા હોર્સપાવર શોધો.

એક્યુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ

$$\text{દબાણ} = \frac{૫૦ \times ૨૨૪૦}{૧૫ \times ૧૫ \times ૦.૭૮૫૪} = ૭૦૬.૮૬$$

આ દબાણ સીંગલ-એક્ટીંગ વોટર-પ્રેશ્યોર એન્જીનના પીસ્ટન-વલનર ઉપર કાર્યકારી રીતે જાણવામાં આવે છે.





તો કેનને કેટલી શક્તિ પુરી પાડવામાં આવી હશે અને કેટલી શક્તિ વ્યર્થ ગઈ હશે ?

કાર્થ પણુ દબાણવાળાં એક ધનકુટ પાણી વડે મળતી શક્તિ કુટ-પૌંડમાં = દર ચોરસ કુટ દીઠ દબાણ પૌંડમાં  $\times ૧$  કુટ.

$\therefore$  દર ચો. ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળાં એક ધન કુટ પાણી વડે મળતી શક્તિ =  $૭૦૦ \times ૧૪૪ \times ૧ = ૧૦૦૮૦૦$  કુટ-પૌંડ.

$\therefore$  ૧૧ ધનકુટ પાણી વડે કેનને આપવામાં આવતી શક્તિ =  $૧૦૦૮૦૦ \times ૧૧ = ૧૧૦૮૮૦૦$  કુટ-પૌંડ.

કેન વડે થયેલું કામ =  $૧૫ \times ૨૨૪૦ \times ૧૮ = ૬૦૪૮૦૦$  કુટ-પૌંડ.

$\therefore$  વ્યર્થ ગયેલી શક્તિ =  $૧૧૦૮૮૦૦ - ૬૦૪૮૦૦ = ૫૦૪૦૦૦$  કુટ-પૌંડ.

## એકસસાઈઝ ૧૦મી

૧. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે. જો પ્લન્જર ઉપર કુલ દબાણ ૧૨૦ પૌંડનું હોય, તો સમતોલપણું જાળવવા માટે રેમ ઉપર કેટલું વજન મુકવું જોઈશે ? જો રેમ ૧ કુટ જેટલું અંતર ચાલે, તો પ્લન્જર કેટલો ચાલશે, અને કામ કેટલું થશે ?

૨. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ $\frac{૧}{૪}$  ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૫ ઇંચ છે, તો રેમ ઉપર ૪ ટનનું દબાણ મેળવવા માટે પ્લન્જર ઉપર કેટલું દબાણ લાગુ પાડવું જોઈશે ? જો પ્લન્જર ૧ કુટ નીચે ઉતરે, તો રેમ કેટલો ઉપર ચઢશે ?

૩. પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે. જો પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

૪. પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ ૨૦ પૌંડ છે, અને રેમ ઉપરનું દબાણ ૨ ટન છે. જો રેમનો વ્યાસ ૧૪ ઇંચ હોય, તો પ્લન્જરનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

૫. એક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પમાં પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ  $\frac{1}{4}$  ચોરસ ઇંચ છે. ફ્લક્કમથી લીવરની લંબાઈ ૨ ફુટ છે, અને ફ્લક્કમથી પ્લન્જર સુધીનું અંતર ૨ ઇંચ છે. જ્યારે લીવરને છેડે ૨૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવે ત્યારે પ્લન્જરની હેડ પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું દબાણ ઉત્પન્ન થશે ?

૬. એક પ્રેસના રેમનો વ્યાસ પમ્પના પ્લન્જરના વ્યાસથી ૮ ગણો મોટો છે. જો પમ્પના પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ ૪૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપરનું દબાણ શોધો.

૭. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પના પ્લન્જરને ચલાવનાર જોર જે લીવરને છેડે લાગુ પાડવામાં આવે છે તે ૧૪ : ૧નો યાંત્રિક લાભ આપે છે. પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે, તો પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાં ઘેરાયેલાં પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે લીવરને છેડે કેટલા પૌંડનું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૮. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પને ચલાવનારાં લીવરની લંબાઈ ફ્લક્કમથી ૮ ફુટ છે, અને પ્લન્જરને લીવર સાથે જે બિંદુ આગળ જોડેલો છે તે બિંદુ ફ્લક્કમથી ૬ ઇંચ દુર છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે. તો પ્રેસમાં મુકેલી વસ્તુને રેમ વડે ૫ ટનનાં દબાણથી દબાવવા માટે લીવરને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ તે શોધો. વળી રેમને  $\frac{1}{4}$  ઇંચ ઉપર ચલાવવા માટે જોરને કેટલી ચાલ આપવી પડશે તે શોધો.

૯. મોટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં સીલીન્ડરનું તળિયું ચપટું રાખવાને બદલે શા માટે અર્ધ ગોળાકાર બનાવવામાં આવે છે તે સમજાવો. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના રેમ વડે ૮ ટનનાં વજનને ૧૫ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે. રેમને ચલાવવા માટે જે હાઇડ્રોલીક મેન પાઈપ (મુખ્ય નળી)માંથી પાણી પુરું પાડવામાં આવે છે તેમાંના પાણીનો “હેડ” ૧૬૦૦ ફુટ છે. જો મીકેનિકલ એપ્રીશીઅન્સી ૭૫ ટકા હોય, તો રેમનું વોલ્યુમ કેટલું હોવું જોઈએ ?

૧૦. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસ માટેના પમ્પના પ્લનન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, અને લીવરને ૧૦ : ૧ છે, તો પમ્પના લીવરને છેડે ૫૬ પૌન્ડનું નેર લાગુ પાડી પ્રેસના રેમ વડે ૧૦૦ ટનનું દબાણ મેળવવા માટે તે રેમના ઓછામાં ઓછો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ?

૧૧. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં થીઅરી પ્રેમાણે પ્લનન્જર અને રેમ વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૪૪ : ૧ છે, તો પ્લનન્જર અને રેમના વ્યાસોનું પ્રમાણ કેટલું હશે?

૧૨. એક હાઇડ્રોલીક ક્રાન્કી મેન પાઇપિ (મુખ્ય નળી)માં પાણીનું દબાણ દર ચો. ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦ પૌન્ડ છે, અને હાઇડ્રોલીક મશીનો ચલાવવામાં તે પાઇપમાંથી દર મીનીટ ૩૦ ઘન ફુટ પાણી વહે છે, તો આ કેટલા હોર્સપાવર દર્શાવે છે. જો આ પાણી માટે હાઇડ્રોલીક ક્રા. દર ૧૦૦૦ ગેલન દીઠ ૩ ૧-૪ આના કિંમત લે, તો દર હોર્સપાવર-અવર દીઠ શું કિંમત પડશે?

૧૩. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ટ્રાંસ પમ્પના લીવર વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૨ : ૧ છે. પમ્પના લીવરને છેડે ૪૦ પૌન્ડનું નેર લાગુ પાડી પ્રેસના રેમ વડે ૪ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે, તો પ્લનન્જર અને રેમના વ્યાસોનું પ્રમાણ કેટલું હશે?

૧૪. જો પમ્પ સાધના એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પ્લનન્જરના વ્યાસો ૩ ઇંચ અને ૧ ઇંચ છે, અને દરેક પ્લનન્જરને એકજ સરખા લીવર વડે ચલાવવામાં આવે છે, અને દરેક લીવર ઉપર એકજ સરખું નેર લાગુ પાડવામાં આવે છે. જ્યારે માત્ર નાની પમ્પ ચલાવવામાં આવે છે ત્યારે પ્રેસના રેમ ઉપરનું દબાણ ૧૨૦ ટન છે, તો જ્યારે મોટા પમ્પ ચલાવવામાં આવે ત્યારે રેમ ઉપર કેટલું દબાણ હશે?

૧૫. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પમ્પના લીવરને છેડે ૫૦ પૌન્ડનું નેર લાગુ પાડી પ્રેસના રેમ ઉપર ૮ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. પમ્પના પ્લનન્જરનો વ્યાસ ૩ ઇંચ અને રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, તો પમ્પના પ્લનન્જરને ચલાવનારા લીવર વડે કેટલો યાંત્રિક લાભ મળતો હશે?

૧૬. એક હાર્થગ્રોલીક લીફટોંગ જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવવા માટેનો લીવરેજ ૧૨ : ૧ છે, તો આ જેકમાં ગતિનું પ્રમાણ કેટલું હશે ? પ્રયોગ ઉપરથી માલમ પડ્યું કે પમ્પને ચલાવનારા લીવરને છેડે લાગુ પાડેલા ૨૪ પાઉન્ડાં જોર વડે જેકનાં હેડ ઉપર મુકેલાં ૩ ટનનાં વજનને ઉંચકી શકાય છે, તો આ જેકનો યાંત્રિક લાભ કેટલો હશે ? વળી આ યંત્રની એપ્રીશીયન્સી શોધો.

૧૭. એક હાર્થગ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરની આકૃતિ દોરી તેની રચનાનું વર્ણન કરો. જો આ એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૧૭ ઇંચ હોય, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પાઉન્ડાં દબાણવાળું પાણી મેળવવા માટે તેના રેમ ઉપર કેટલું વજન લાધવું જોઈએ ?

૧૮. એક હાર્થગ્રોલીક પ્રેસના પમ્પના પ્લન્જરને એક એક્સેન્ટ્રીક વડે ચલાવવામાં આવે છે. એક્સેન્ટ્રીકનો ધ્રો ૩ $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે. જે શાફ્ટ ઉપર એક્સેન્ટ્રીકને ચાવીથી સંજ્જડ કરેલી છે તે શાફ્ટના બહારના છેડા આગળ બનાવેલા ચોરસ ભાગ ઉપર ૧૪ ઇંચ લાંબો એક લીવર-હેન્ડલ બેસાડેલો છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે અને પ્રેસના રેમનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે, તો પ્રેસમાં મુકેલી વસ્તુ ઉપર ૪ ટનનું દબાણ આપવા માટે લીવર-હેન્ડલને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૧૯. એક હાર્થગ્રોલીક જેકની છેદનાકૃતિ દોરી તેની રચના અને કાર્યનું વર્ણન કરો, અને તેમાં દબાણને કેવી રીતે કઠો લઈ વજનને ધીમે ધીમે નીચે ઉતારવામાં આવે છે ? જો જેકના રેમનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ હોય, અને હાથા વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૦ હોય, તો ઘર્ષણ પ્લાનમાં ન લેતાં કુલ યાંત્રિક લાભ કેટલો હશે ?

૨૦. એક હાર્થગ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે અને તે ઉપર લાવેલો લોડ (વજન) ૧૪૧૪૦ પાઉન્ડ છે, તો તે

એક્યુમ્યુલેટરમાંથી હાઈડ્રોલીક મશીનોમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલા પૌંડનાં દબાણે પાણી પુરું પાડી શકાશે અને આ દબાણ પાણીના કેટલા “ ફેડ ”ને મળતું છે ?

૨૧. એક હાઈડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમ ઉપર લાંબાં વજન ૭૦ ટન છે, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી મેળવવા માટે તે એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૨૨. એક હાઈડ્રોલીક કેનને ચલાવવા માટે તેમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી પુરું પાડવામાં આવે છે અને ૪ ટનનાં વજનને ૧૨ ફુટની ઊંચાઈએ ઉપાડતાં તે કેનમાં ૨ ધનફુટ પાણી ખપે છે. તો કેનને કેટલી શક્તિ પુરી પાડવામાં આવી હશે, અને કેટલી શક્તિનો ઉપયોગી કામમાં ખર્ચ થયો હશે ?

૨૩. સીસાંની પાઈપ બનાવવા માટેના એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં રેમનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે, અને સીસાંને જે નાના રેમ વડે દબાવવામાં આવે છે તેનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે. તો સીસાં ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલાં દબાણનું પાણી પુરું પાડવું જોઈશે ?

૨૪. એક હાઈડ્રોલીક લીફ્ટીંગ બેકમાં રેમનો વ્યાસ ૫ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ  $1\frac{1}{2}$  ઇંચ છે. ફલકમથી હાથાની લંબાઈ અને ફ્રેક્ટની લંબાઈ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧૪ : ૧ છે. જો આ ચંત્રની એપ્રીશીઅન્સી ૮૦ ટકા હોય, તો હાથાને છેડે લાગુ પાડેલાં ૪૦ પૌંડનાં જોર વડે કેટલું વજન ઉપાડી શકાશે ?

૨૫. એક હાઈડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે, અને તેમાં પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડ છે, તો આ એક્યુમ્યુલેટરની શક્તિ કેટલી હશે ? આ એક્યુમ્યુલેટરમાંથી પાણીને ૪ હોર્સપાવરનું વોટર-પ્રેસ્યોર એન્જીન ચલાવવા માટે પુરું પાડવામાં આવે છે. એન્જીન ચાલતું હોય તે દરમ્યાન

જો એક્યુમ્યુલેટરમાં કશું પણ વધારાનું પાણી પુરું પાડવામાં ન આવે, તો તે એન્જીન આ એક્યુમ્યુલેટરનાં પાણી વડે કેટલો વખત સુધી ચાલશે ?

૨૬. એક ટનના હાઇડ્રોલીક જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૩ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવનારાં લીવર-હેન્ડલ વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૬ : ૧ છે. જો આ જેકની એપ્રીશીઅન્સી ૭૫ ટકા હોય, તો ૧૬ ટનનાં વજનને ઉપાડવા માટે હાથાને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૨૭. એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરમાં ૧૫ ફુટની લીફ્ટ સાથેનો ૨૦ ઇંચ વ્યાસનો રેમ છે, અને રેમ સાથે ઉપાડેલું કુલ વજન (ડિડ લોડ) ૧૩૦ ટન છે, તો તે એક્યુમ્યુલેટરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પાણીનું દબાણ કેટલું હશે અને ધર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં તેમાં વધુમાં વધુ કેટલા ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી થયેલી હશે ?

૨૮. એક હાઇડ્રોલીક એન્જીનને ત્રણ રેમ છે જે દરેકનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, અને ત્રણે રેમને ચલાવનારી સામાન્ય કેંકની લંબાઈ ૩ ઇંચ છે. પાણીનું દબાણ એક્ઝોસ્ટ વોટર (એન્જીનમાંથી વપરાઈને બહાર નીકળતું પાણી)નાં દબાણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦ પૌંડ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૦૦ છે. જો પાણીનો સ્લીપ બીલકુલ ન હોય, તો તે એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો. જો આ એન્જીન પટાની મદદ વડે પુલી ઉપર ૨૦૧૫ ઉપયોગી હોર્સપાવર આપે, તો તે એન્જીનની એપ્રીશીઅન્સી કેટલી હશે ?

૨૯. ૧૪ ઇંચ વ્યાસના રેમવાળા એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરમાંથી પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણી વડે ૨૪ ઇંચ વ્યાસના રેમવાળા એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસને ચલાવવામાં આવે છે. એક્યુમ્યુલેટર ઉપરનું વજન ૭૦ ટન છે, તો પ્રેસ તેમાં મુકેલી ગાંસડીને કેટલાં જોરથી દબાવશે ?

૩૦. એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર જેના રેમનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે તે ઉપર ૮૦ ટનનું વજન લાદેલું છે. આ એક્યુમ્યુલેટરમાંથી દબાણવાળાં પાણીને એક સોંગલ-એક્ટીંગ વોટર-પેશ્ચોર એન્જીનમાં





૩૫. દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૧૨૦ પૌંડનાં પાણીનાં દબાણ સાથે એક હાઇડ્રોલીક એક્ઝ્યુમ્યુલેટરમાં ૧૦૦ હોર્સપાવર-મીનીટની શક્તિ મેળવવાની છે. જો રેમના સ્ટ્રોકની લંબાઈ તેના વ્યાસથી ૧૪ ગણી હોય, તો રેમનો વ્યાસ કેટલો હોવો જોઈએ ?

૩૬. એક હાઇડ્રોલીક એક્ઝ્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, અને રેમ તથા તે સાથે લટકાવેલા મોટા નળા અને તેમાં ભરેલા વજનદાર પદાર્થનું કુલ વજન ૫૫ ટન છે. જો રેમ સાથે વજનદાર પદાર્થ સાથના નળાને ચલાવવા માટે માત્ર ધર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં જોઈતું જોર ૨.૫ ટન હોય, તો (૧) જ્યારે એક સરખી ઝડપે લોડ ઉંચે ચઢતો હોય ત્યારે, અને (૨) જ્યારે એક સરખી ઝડપે લોડ નીચે ઉતરતો હોય ત્યારે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પાણીનું દબાણ કેટલા પૌંડ હશે ?

૩૭. એક હાઇડ્રોલીક એક્ઝ્યુમ્યુલેટરમાં રેમનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ, સ્ટ્રોક ૨૩ ફુટ અને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પાણીનું દબાણ ૧૧૨૦ પૌંડ છે. રેમના એક પુરેપુરા નીચલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન આ એક્ઝ્યુમ્યુલેટર વડે આપવામાં આવતાં ઉપયોગી કામને એક હાઇડ્રોલીક કેન જેની એક્સીશીઅન્સી ૫૫ ટકા છે તેની મદદ વડે ૪૦ ફુટની ઉંચાઈએ W ટન વજનને ઉપાડવા માટે વાપરવામાં આવે છે, તો W શોધો. જો આ કામ ૩ મીનીટમાં થાય, તો કેનના કુલ (gross) હોર્સપાવર કેટલા હશે ?

૩૮. એક હાઇડ્રોલીક એક્ઝ્યુમ્યુલેટરમાં રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, અને તેમાંથી મળતાં પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧.૫ ટન છે. આ પાણીનો ઉપયોગ ટેસ્ટીંગ મશીનના રેમને ચલાવવા માટે કરવામાં આવે છે. ટેસ્ટીંગ મશીનના રેમનો વ્યાસ ૮.૫ ઇંચ છે. તો (૧) જો કપ-લેધર, વિંજેરેનાં ધર્ષણમાં લોડના ૫ ટકા વ્યર્થ જાય, તો એક્ઝ્યુમ્યુલેટરના ૪ ઇંચ વ્યાસવાળા રેમ ઉપર કેટલો કુલ લોડ

લાઘવો જોઈશે, અને (૨) જો ટેસ્ટીંગ મશીનનાં સીલીન્ડરનાં કપ-લેધરમાં ખીજા વધારાના ૫ ટકા વ્યર્થ જાય, તો ટેસ્ટીંગ મશીન ઉપર ધાતુ ટેસ્ટ કરવા માટે કેટલો કુલ લોડ લાગુ પાડી શકાશે ?

૩૮. એક સ્ટીમર ઉપર એકયુમ્યુલેટર વપરાય છે, જેમાં રેમનો વ્યાસ ૯ ઇંચ અને પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮૦૦ પૌંડ છે. તે એકયુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનો લોડ (ભાર) એક જુદાં સ્ટીમ સીલીન્ડરમાં કાર્ય કરતા અને રેમ સાથે સીધા જોડેલા પીસ્તન ઉપર કાર્ય કરતાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦ પૌંડનાં વરાળનાં દબાણ વડે મેળવવામાં આવે છે, તો ધર્પણ ધ્યાનમાં ન લેતાં સ્ટીમ-પીસ્તનનો વ્યાસ કેટલો હોવો જોઈએ ?

૪૦. એક હાઇડ્રોલીક કેનમાં ૧૦ ટનનું વજન ૨૭ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવા માટે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણનું ૭૦ ગેલન પાણી વપરાય છે, તો તે કેનની એપ્રીશીઅન્સી કેટલી હશે ?

૪૧. એક હાઇડ્રોલીક કેનમાં રેમનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે, અને કેન ઉપર ઉપાડવા માટે લટકાવવામાં આવતા દાગીનાની ગતિ અને રેમની ગતિ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧૦ : ૧ છે. કેનમાં પાણીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦૦ પૌંડનાં દબાણે પુરું પાડવામાં આવે છે. જો કેનની એપ્રીશીઅન્સી પર ટકા હોય, તો (૧) આ કેન કેટલું વજન ઉપાડશે, અને (૨) દર ૩૫ ફુટના વજનના ઉપાડ માટે કેટલા ગેલન પાણી ખપશે ?

૪૨. એક હાઇડ્રોલીક કેન જેની એપ્રીશીઅન્સી ૫૫ ટકા છે, તેમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી વાપરીને ૫ ટનનાં વજનને ૩૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડી શકાય છે, તો આ કેનના રેમ વડે પસાર થતું વોલ્યુમ અથવા ઘનમાપ શોધો. જો રેમનો સ્ટ્રોક તેના વ્યાસથી ૬ ગણો હોય, તો રેમનો વ્યાસ શોધો.

મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશન તરફથી લેવામાં આવેલી સુરતની પારેખ ટેકનીકલ ઈન્સ્ટીટ્યુટની મીકેનીકલ એન્જનીયરીંગનાં ત્રીજાં વર્ષની વાર્ષિક પરિક્ષામાં પુછાયલા અને બીજા પરચુરણ દાખલાઓ.

૧. એક ૪૫૦ પૌંડનાં વજનનો પાઈલ ગ્રાઇવર ૧૨ ફુટની ઉંચાઈએથી પડે છે. જો દરેક ફટકાથી પાઈલ (ખૂંટો) ૨ ઇંચ નીચે ઉતરે, તો તે પાઈલને નીચે ઉતારતાં કેટલું કામ થશે, અને વળી પાઈલ ઉપર પડતા ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે ?

૨. એક ફ્લાઈ બ્લીલની રીમનું વજન ૪૩ ટન છે, અને તેનો સરેરાશ સરળ વેગ (લીનીઅર વેલોસિટી) દર સેકન્ડ દીઠ ૩૦ ફુટ છે, તો તે રીમમાં કેટલા ફુટ-પૌંડ શક્તિનો સંગ્રહ થયો હશે ? જો બીજા ૧૨૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ જેટલી વધારાની શક્તિનો સંગ્રહ કરવો હોય, તો તે રીમનો વેગ બીજો કેટલો વધારવો જોઈશે ?

૩. ૧૦૦ ઇન્ડીકેટડ હોર્સપાવરનું એક એન્જન જેની એપ્રીશીઅન્સી (કાર્યસાધકતા) ૯૦ ટકા છે, તે એક પમ્પને ચલાવે છે. જો પમ્પ એક મીનીટમાં ૨૨૦૦ ગેલન પાણી ૧૨૦ ફુટની ઉંચાઈએ ચઢાવે, તો પમ્પની એપ્રીશીઅન્સી કેટલી હશે ?

૪. એક ૩૦ ફુટ લાંબા બીમ (બારવટીઆ)ને તેના બન્ને છેડા ઉપર ટેકવેલો છે. આ બીમ ઉપર બે વજનો જેમાંનું એક ૮૦૦ પૌંડનું વજન એક છેડાથી ૮ ફુટ દુર, અને બીજું ૬૦૦ પૌંડનું વજન બીજા છેડાથી ૬ ફુટ દુર લાધેલાં છે. જો પહેલાં છેડા ઉપર ૧૫૩૦ પૌંડનું પ્રતિકાર્ય અથવા દબાણ આવતું હોય, તો તે બીમનું વજન કેટલું હશે ?

૫. એક ટનનાં વજનનાં ફ્લાઈ બ્લીલની સરેરાશ પરિરેખા (રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન) ૪ ફુટ છે અને તે એક મીનીટમાં ૧૫૦

આંટા ફરે છે. જો તેની બેરીંગમાં થતાં ધર્ષણમાં દરેક આંટા દીઠ ૧૦૦-કુટ-પૌંડ શક્તિ વ્યર્થ જાય, તો તે વહીલ ફરતું બંધ થવા પૂર્વે કેટલા આંટા ફરી જશે ?

૬. એક ડીઝલ ઓઇલ એન્જીનને ત્રણ સીલીન્ડર છે, જે દરેક સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ છે. જો દરેક સીલીન્ડરમાં ઉત્પન્ન થતું સરેરાશ કાર્યસાધક દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩૫ પૌંડ હોય અને એન્જીન ચાર સ્ટ્રોક સાઇકલ પ્રમાણે ચાલતાં દર મીનીટ ૨૨૦ આંટા ફરતું હોય, તો તે એન્જીનના ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર શોધો.

૭. સમાન હેદયિત્રવાળા ૨૨ કુટ લંબા એક બીમ (ભારવટીઆ)ને તેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે. બીમનું વજન દર કુટ લંબાઈ દીઠ ૩૦ પૌંડ છે. બીમ ઉપર બે એકત્રિત (કોન્સેન્ટ્રેટેડ) બોજ છે, જેમાંના એક ૧૬૦૦ પૌંડનો એક છેડાથી ૯ કુટ દુર અને બીજો ૮૦૦ પૌંડનો બીજા છેડાથી ૪ કુટ દુર છે, તો બન્ને છેડા ઉપરનું પ્રતિકાર્ય શોધો, અને બીમનાં જે બિંદુ આગળ ૧૬૦૦ પૌંડનો બોજ છે તે બિંદુ આગળનું એન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) શોધો.

૮. કેમ શું છે, અને તે ક્યાં વપરાય છે ? આડાં ગેસ અથવા ઓઇલ એન્જીનની ટાઇમીંગ શાફ્ટ અથવા કેમ શાફ્ટ ઉપર એકઝોરક્ટ વાલ્વને ઉઘાડ બંધ કરવાને માટે જે કેમ વપરાય છે તેની રૂપરેખા આકૃતિ દોરો. તમારી આપેલી આકૃતિ ઉપર કેમનો કયો ભાગ વાલ્વને ઉઘાડવા માટે કામ કરે છે તે ચોક્કસ સમજાવો.

૯. એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં દરેક બોલનું વજન ૭૦ પૌંડ છે, અને તેમની ગતિનો વેગ દર સેકન્ડે ૧૨ કુટ છે. સ્ક્રુને છેડે બેસાડેલો પંચ સ્થિર થતાં ૧૬ ઇંચ જેટલો નીચે ઉતરે છે, તો જે ધાતુ ઉપર પંચ વેહ પાડવાનું કાર્ય કરે છે તે ધાતુ ઉપર સરેરાશ દબાણ કેટલું પડશે તે શોધો.

૧૦. એક લોકોમોટીવ એન્જીન જેનું વજન ૮૦ ટન છે તે ૧૦૦૦ કુટની ત્રિજ્યાના વાંક ઉપર દર કલાકે ૨૦ માઇલની ઝડપે

દોડે છે, તો તે ઉપર કાર્ય કરતું સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્ય પ્રેરકબળ) શોધો. વળી અંદરના પાટા કરતાં બહારનો પાટો સીધી સપાટીથી કેટલો ઉંચો રાખવો જોઈએ કે જેથી ઉન્મધ્ય પ્રેરક (સેન્ટ્રીફ્યુગલ) કાર્યને લીધે બહારના પાટાની અંદરની બાજુ ઉપર બહારની દિશાનું જોર આવે નહીં. પાટાનો ગેજ (બન્ને પાટાનાં મધ્યો વચ્ચેનું અંતર) ૫ ફુટ ૬ ઇંચ છે.

૧૧. રેચેત વ્હીલની આકૃતિ કાઢી તેનું વર્ણન કરો, અને તેનો ઉપયોગ સમજાવો.

૧૨. એક કેન્ટ્રીલીવર બીમ ૧૫ ફુટ લાંબો છે અને તે ઉપર તેની લંબાઈએ ત્રણ ત્રણ ફુટને અંતરે દરેક ૧૦૦૦ પાઉન્ડનાં વજનો લાધેલાં છે, તો દરેક વજન આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) અને સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) શોધો.

૧૩. એક ઇલેક્ટ્રીક ત્રેન જેનું વજન ૬૦૦ ટન છે તે જ્યારે ઇલેક્ટ્રીક પાવર (વિજળીક બળ) બંધ કરવામાં આવે છે ત્યારે ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળ ઉપર દર કલાકે ૪૦ માઈલની ઝડપે દોડે છે. જો સપાટ સડક ઉપર ખેંચાણને નડતો સરેરાશ અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૨ પાઉંડ હોય, તો તે ત્રેન ઉભી રહેવાની પૂર્વે ઢાળ ઉપર કેટલું અંતર પસાર કરી જશે ?

૧૪. તમોને માહિતી હોય એવાં કોઈ પણ યંત્રના એક અગત્યના ભાગની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો.

૧૫. ધારોકે ૧ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ૨૦૦૦ પાઉંડ-ઇંચનું ટર્નીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ ધાતુની ૨ ફી ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલું ટર્નીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકશે ? જો ૨ ફી વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ફરતી હોય અને સલામતી સાથે કાર્ય કરતું તોડી નાંખનારું જોર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨ ટન હોય, તો તે શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણુ કરી શકશે તે શોધો.

૧૬. એક બીડનું ફ્લાઈ વ્હીલ જેનું વજન ૧૩ ટન છે તે સમતોલ નથી, અને તેનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ તેનાં પરિવર્તન (rotation)ની મધ્ય રેખાથી  $\frac{5}{8}$  ઇંચ દુર છે. જો તે ફ્લાઈ વ્હીલ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે, તો તે વ્હીલ ઉપર કાર્ય કરતું સમતોલ ન રહેવા દેતું (આઉટ-બોક્સ-બેલન્સ) જેર શોધો, અને તે ફ્લાઈ વ્હીલનાં વજન અને તે ઉપર કાર્ય કરતાં ઉન્મધ્ય ગ્રેરક બળ (સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ)નાં સંયુક્ત કાર્યને લીધે બેરોંગ ઉપર આવતો સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછો ભાર અથવા બોજો (લોડ) શોધો.

૧૭. ૪૪ ઇંચ લાંબા લાકડાંના એક ભારવટીઆ (બીમ)ને તેના છેડાઓ આગળથી ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો છે, અને તે તેની લંબાઈએ ચાર ચાર ઇંચને અંતરે દરેક ૨૦ પાંડનાં ૧૦ જુદાં જુદાં વજનો ટેકવે છે, તો આ ભારવટીઆ (બીમ) ઉપર આગળનાં જેટલુંજ સ્પ્રેસ (વૈકારિક જોમ) લાવવા માટે તેનાં મધ્યમાં કેટલા પાંડનું એકજ વજન લટકાવવું જોઈએ ?

૧૮. ૨૩ ઇંચ લાંબો અને  $\frac{3}{4}$  ઇંચ વ્યાસનો એક ટાઈ-બાર તે ઉપરના બોજને લીધે ૦.૦૧૫ ઇંચ જેટલો લંબાઈમાં ખંચાય છે. જો સ્થાપક પ્રમાણુ એટલે મોડ્યુલસ ઓફ મલેરિટીસીટી દર ચો. ઇંચ દીઃ ૨૮૦૦૦૦૦૦ પાંડ હોય, તો તે સળીયા ઉપરનો બોજો (લોડ) અને તેમાં ઉત્પન્ન થતું સ્પ્રેસ (વૈકારિક જોમ) શોધો.

૧૯. ૧ ઇંચ જાડો, ૧ ઇંચ પહોળો, અને ૧૨ ઇંચ લાંબો એક બીમ (ભારવટીઆ) ૪૨૦ પાંડનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો એવીજ જાતના ૩ ઇંચ પહોળા અને ૫ ફૂટ લાંબા બીમની જાડાઈ ૨ ઇંચનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકવા માટે કેટલી જોડશે તે શોધો.

૨૦. એક એજ કેમ (edge cam)ની રૂપરેખા (profile) દોરો, જેમાં કેમના ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૩ ઇંચ હોવું જોઈએ, અને કેમ

વડે ચલાવવામાં આવતો સળીયો જોટલા વખતમાં ઉપર ઉચકાય છે તેનાથી અર્ધા વખતમાં નીચે ઉતરવો જોઈએ. તમોએ દોરેલી આકૃતિ ઉપર કેમની ફરવાની દિશા દર્શાવો.

૨૧. ૩ ઇંચ પહોળો એક કેમનો ગાળો દોરો. કેમના ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ છે, અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૨ ઇંચ છે, અને તેના વડે સળીયાની ઉપર ઉચકાવાની અને નીચે ઉતરવાની ગતિ એક સરખી અને સરળ મળવી જોઈએ.

૨૨. એક કેન્ડીલીવર ૧૨ ઝુટ લાંબો છે, અને તે ઉપર તેની લંબાઈએ ત્રણ ત્રણ ઝુટનાં અંતરે દરેક ૩ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તો જે જે બિંદુઓએ વજન લાધેલાં છે તે દરેક બિંદુ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) શોધો, અને વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વળી કોઈ પણ સ્કેલે બેન્ડીંગ મોમેન્ટનો ડાયગ્રામ અડસતે દોરો.

૨૩. એક ટ્રાન્સમીશન શાફ્ટ ૪૦૦૦ પાંડ-ઇંચનાં ત્વીર્તીંગ મોમેન્ટને આધિન છે, અને તે દર મીનીટ ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે શાફ્ટ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો. જો તે શાફ્ટમાં સલામતી સાથે કાર્ય કરતું સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૮૦૦૦ પાંડ હોય, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ શોધો.

૨૪. એક રેલવે ટ્રેનનું વજન એન્જિન વિના ૪૦૦ ટન છે, અને તે સ્થિર સ્થિતિથી ચાલુ થતાં સપાટ સડક ઉપર એક મીનીટમાં દર કલાકે ૩૦ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો એન્જિન અને ટ્રેનની વચ્ચે થતું ખંચાણ શોધો. ખંચાણને નડતો અવરોધ ટ્રેનનાં વજનનાં દર ટન દીઠ ૧૫ પાંડ લેવાનો છે.

૨૫. તમારી વર્કશોપમાંનાં કોઈ પણ યંત્રના એક અગત્યના ભાગની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો.

૨૬. નીચે આપેલી સંજ્ઞાની વ્યાખ્યા આપો:—(અ) વેલોસિટી (વેગ); (બ) એક્સેલરેશન (પ્રવેગ); (ક) મોમેન્ટમ (વેગમાન); અને (ડ) ફોર્સ (જોર).

૨૭. એક ફ્લાઈ બ્લીકનું વજન ૬ ટન છે, અને તેની પરિરેખા એટલે રેડીઅસ ઓફ બર્ધરેશન (રીમની સરેરાશ ત્રિજ્યા) ૪ ફુટ છે, તો દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે તેમાં કેટલા ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી થશે ? જો તે ફ્લાઈ બ્લીકને તેની શાફ્ટ ઉપર ૮ ઇંચ વ્યાસની બેરીંગમાં ટેકવવામાં આવે, અને સઘળી ઝડપોએ ધર્પણનો ગુણુક (કોએફિશન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન) ૦.૦૧ હોય, તો એક આંટામાં ધર્પણ દુર કરવામાં કેટલું કામ ખર્ચ થશે, અને ઉપલી ઝડપ ઉપરથી સ્થિર થતાં તે ફ્લાઈ બ્લીક કેટલા આંટા ફરી જશે ?

૨૮. એક બીમ ૧૨ ફુટ લાંબો, ૮ ઇંચ પહોળો, અને ૧૨ ઇંચ ઉંડો છે; બીજો બીમ ૨૦ ફુટ લાંબો, ૧૨ ઇંચ પહોળો, અને ૧૫ ઇંચ ઉંડો છે; તો કયો બીમ વધારે મજબુત છે ? જો પહેલો બીમ તેનાં મધ્ય આગળ લાંબેલું ૨ ટનનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે, તો બીજો બીમ તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાંબેલું કેટલું વજન સલામતી સાથે ખમી શકશે ?

૨૯. ફ્લાઈ બ્લીકના એક ભાગનું વજન તેના આરા સાથે ૪૦૦૦ પૌંડ છે, અને તે ભાગના પદાર્થનો જથ્થો ફ્લાઈ બ્લીકની મધ્યરેખાથી ૭ ફુટ દુર એકાગ્ર થયેલો છે એમ ધારી લેવામાં આવે છે, અને ફ્લાઈ બ્લીક દર મીનીટે ૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે ભાગ અને આરાને ફ્લાઈ બ્લીકના બોસમાંથી બહાર ખેંચી કાઢવાનું વલણ કરતું જોર કેટલું હશે ?

૩૦. એક જીમ કેનના ટાઈ-રોડની લંબાઈ જ્યારે તેના ઉપર ભાર (લોડ) હોતો નથી ત્યારે ૫૦ ફુટ છે, અને જ્યારે તે ઉપર ભાર આવે છે ત્યારે તેની લંબાઈ ૫૦ ફુટ ૧ ઇંચ છે, તો તે ટાઈ-રોડ ઉપર આવતું સ્ત્રેન (ટ્રિકલર) શોધો. જો મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી (સ્થાપક પ્રમાણ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૧૩૦૦૦ ટન હોય, તો તે સળીયા ઉપર આવતું સ્ત્રેસ (વૈક્રિયિક જેમ) શોધો. જો તે સળીયાનો વ્યાસ ૨ ૧/૨ ઇંચ હોય, તો તે ઉપરનો ભાર (લોડ) શોધો.



૩૧. એક પાણીની ટાંકીનું તળીયું ૭ ફૂટ લાંબુ અને ૩ ફૂટ ૪ ઇંચ પહોળું છે, તો જ્યારે તે ટાંકીમાં ૯૦૦ ગેલન પાણી સમાયલું હોય, ત્યારે તે પાણીની ઉંડાઈ કેટલી હશે, અને તે ટાંકીનાં તળીયાં ઉપર અને દરેક બાજુ અને છેડા ઉપર અનુક્રમે દબાણ કેટલું હશે ? એક ગેલન પાણીનું વજન ૧૦ પૌંડ, અને એક ધનપ્રુટનું વજન ૬૨.૩ પૌંડ છે.

૩૨. એક એક્યુમ્યુલેટર દર ચો. ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણે કાર્ય કરવાનો છે. જો રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ હોય, તો તે ઉપર કુલ વજન કેટલું જોઈશે ? જો લીફ્ટ એટલે ઉપાડ ૮ ફૂટનો હોય, તો જ્યારે વજન ઉંચે હશે ત્યારે તેમાં શક્તિનો કુલ સંગ્રહ કેટલો હશે ? વળી રેમ ઉંચે હોવાને લીધે દબાણવાળાં પાણીનો કુલ સંગ્રહ એટલે વધારાનો જથ્થો કેટલો હશે ? કોઈ પણ હાઇડ્રોલીક પ્રેસની લેધર પેકીંગની આકૃતિ આપો.

૩૩. એક હથોડીનું માથું જેનું વજન ૨ $\frac{૧}{૨}$  પૌંડ છે, તે દર સેકન્ડે ૫૦ ફૂટના વેગથી દાગીના ઉપર પડી ૦.૦૦૧ સેકન્ડમાં ઉભું રહે છે, તો ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે ?

૩૪. જ્યારે એક અમુક ત્રેકશન એન્જીનનાં ફ્લાઈ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ઘટીને ૧૪૦ આંટા થાય છે, ત્યારે આખાં એન્જીન તેમજ ફ્લાઈ વ્હીલની ગતિ ઉપર ૨૫૦૦૦ ફૂટ-પૌંડ કાર્બનેટીક એનર્જીની ખોટ થાય છે. જો ફ્લાઈ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટા હોય, તો તે એન્જીન ઉભું રહેવા પૂર્વે ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળ ઉપર કેટલે દુર ચાલશે. એન્જીન અને ત્રકનું વજન ૩૦ ટન છે, અને સપાટ સડક ઉપર ધર્ષણનો ચાલુ અવરોધ દર ટન દીઠ ૨૦ પૌંડ છે.

૩૫. ઘડતર લોઢાંના I આકારનાં છેદચિત્રવાળા બીમને જ્યારે આ પ્રમાણે I અને આ પ્રમાણે — મુકવામાં આવે, ત્યારે તેમના વળી જવાની સામે થતા અવરોધની સરખામણી કરો. બીમની દરેક

ફલેન્ ૬ ઇંચ પહોળી અને ૧ ઇંચ જાડી છે, અને વેળ ૩૬ ઇંચ જાડી અને ફલેન્જસની વચ્ચેનું માપ ૮ ઇંચ છે.

૩૬. ૧૦૦ પૌંડ વજનના એક પદાર્થનું ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે મધ્યરેખાથી ૧૫ ઇંચ દુર ફરે છે, તો તેનું સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્નમધ્ય ગ્રેરક બળ) શોધો.

૩૭. એક પાતળી નળાકાર પાઈપને લંબાઈની દિશામાં તોડી નાંખવાનું વલણ કરતું જોર તેને પરિઘની દિશામાં તોડી નાંખવાનું વલણ કરતાં જોરથી બમણું હોય છે તે સાબીત કરો, (ફલેન્જ વિગેરેનું જોર ધ્યાનમાં લેવાનું નથી).

એક ઘડતર લોઢાંની પાઈપને વ્યાસ ૨ ફુટ છે, પ્લેટની જાડાઈ ૩ ઇંચ છે, અને સલામતી સાથે કાર્ય કરતું સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટન છે, પણ રીવેટ કરેલા સાંધાને લીધે પ્લેટના બળમાં ૩૦ ટકાનો ઘટાડો થયો છે, તો તેમાં સલામતી સાથે કાર્ય કરતું દબાણ શોધો. આ દબાણ પાણીના ફેટલા “હેડ”ને મળતું છે તે જણાવો.

૩૮. નીચે આપેલી સંજ્ઞાઓ વિષે તમે શું સમજો છો તે જણાવો:—ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન્થ (ખેંચ બળ), કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેન્થ (દાબ બળ), અને શીઅરીંગ સ્ટ્રેન્થ (કેડ બળ). “મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી” (સ્થાપક પ્રમાણ)ની વ્યાખ્યા આપો. જો એક ચોરસ ઇંચ છેદચિત્રનો ઘડતર લોઢાંના સળીયો ૬૦૦૦૦ પૌંડનાં ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ (ખેંચ) વડે તૂટી જાય છે, તો ૨૦ ટનના ભાર (લોડ) ખમી શકે એવા ટાઇ-રોડનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ કેટલું રાખવું જોઈશે?

૩૯. ૨૦ ફુટની ઉંચાઈએથી પડતા ૧ ટન વજનના એક રેમ અથવા મંકી વડે એક પાઈલ (ખૂંટ)ને જમીનમાં ઉતારવામાં ખર્ચ થતાં જોરને ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી પડતાં ૨ ટનનાં વજનનાં જોર સાથે સરખાવો. જો રેમ અથવા મંકીના એક ફટકા વડે પાઈલ (ખૂંટ) ૯ ઇંચ નીચે ઉતરે, તો તેની ગતિની સામે નડતો સંરેશ અવરોધ કેટલો હશે?

૪૦. “કેમ” શું છે ? મીકેનીઝમ (યંત્રમાળા)માં ક્યાં કામ માટે તે ધણું કરીને વપરાય છે ? તમોને જે યંત્રની માહિતી હોય તેવાં કોઈ પણ યંત્રમાં વપરાતા કેમની રચના અને ખરેખરા આકારની આકૃતિ કાઢી તેનું વર્ણન કરો. આમતેમ ચાલતા લાગને ધીમી આગળ વધતી ગતિ અને ઝડપી વળતી ગતિ બે ગતિઓની વચ્ચે વિરામ સાથે આપવા માટેના કેમની આકૃતિ દોરો.

૪૧. લોખંડની પ્લેટમાં પંચ વડે વેલ પાડવા માટેના ફ્લાઇ-પ્રેસની રચનાનું જરૂરી આકૃતિ સહિત વર્ણન કરો. એવા પ્રેસમાં બે દડા (બોલ) માંના દરેક દડાનું વજન ૩૦ પાંડ છે, અને તેમને સ્ક્રુની મધ્ય રેખાથી ૩૦ ઇંચની ત્રિજ્યાએ બેસાડેલા છે, અને સ્ક્રુનો પીચ ૧ ઇંચ છે, તો  $\frac{1}{4}$  ઇંચ જાડી ધડતર લોહાંની પ્લેટમાં આ પ્રેસ વડે કેટલા વ્યાસનો વેલ પંચ વડે પાડી શકાશે તે શોધો; ધડતર લોહાંનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેંથ (ફ્રેડ બળ અથવા ચીરાઈ જવાનું જોર) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૨૨૦૫ ટન છે. એમ માની લેવાનું છે કે જ્યારે પંચ ધાતુ સાથે સંબંધમાં આવે છે ત્યારે દડાઓ દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, અને પ્લેટનો અવરોધ પ્લેટની જાડાઈના પહેલા  $\frac{1}{4}$  ઇંચ દરમ્યાન દુર કરવાનો છે.

૪૨. ૫ ટનનાં વજનનાં એક ફ્લાઇ વ્હીલને ૧૦ ફુટની સરેરાશ પરિરેખા (રેડીઅસ ઓફ જામરેશન) છે. ફ્લાઈ વ્હીલને ૧૨ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલું છે અને તે દર મીનીટે ૬૫ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો શાફ્ટનો ધર્પણનો ગુણક (કોએફિશિયન્ટ ઓફ ફ્રીક્શન) તેની બેરીંગમાં ૦.૦૬૫ હોય, તો તે વ્હીલ ઉનું રહેવાની પૂર્વે કેટલા આંટા ફરશે ? બીજા અવરોધો ધ્યાનમાં લેવાના નથી.

૪૩. પમ્પના કોઈ પણ એવા આકારની બનાવટ અને કાર્યનું આકૃતિ કાઢી વર્ણન કરો, કે જે વડે એક કુવો જેમાં પાણીની સપાટી જમીનની સપાટીથી ૪૫ ફુટ નીચે છે તેમાંથી તમો પાણી ઉઘે ચઢાવી શકો. તમો પમ્પ કઈ જગ્યાએ ગોઠવશો તે સંપૂર્ણ રીતે સમ-

જીવો, અને તમે જે રચના લાગુ પાડવા માંગો છો તે રચના માટેનાં કારણો આપો.

૪૪. એક હાઇડ્રોલીક એક્ઝ્યુમ્યુલેટરમાં ૧૨ ઇંચ વ્યાસનો વજનથી લાદેલો પ્લન્જર છે અને તે ૮ ફુટની ઉંચાઈ સુધી ઉચ્ચાય છે. આ રચનાની આકૃતિ કાઢો. એક્ઝ્યુમ્યુલેટરમાંથી હાઇડ્રોલીક ફેનમાં પસાર થતાં પાણીમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનું દબાણ મેળવવા માટે કેટલા ટનનું વજન પ્લન્જર ઉપર લાદવું જોઈશે? એવા એક્ઝ્યુમ્યુલેટરમાં શક્તિનો કેટલો જથ્થો સંગ્રહ થયો હશે?

૪૫. બે બીડના બીમો, જેમાંનો એક ગોળાકાર છેદચિત્રનો ૨.૭૩ ઇંચ વ્યાસનો છે અને બીજો ચોખ્ખુ છેદચિત્રનો ૩ ઇંચ પહોળો અને ૨ ઇંચ ઉંડો છે, તે દરેકને ૨૦ ઇંચ દુર આવેલાં બે બિંદુઓ આગળ ટેકવેલો છે, અને દરેક ઉપર ૨ ટનનું વજન મધ્યમાં લાદેલું છે, તો દરેક બીમમાં કેટલું સ્ટ્રેસ (વંકારિક જોમ) ઉત્પન્ન થશે?

૪૬. એક સળીઆનું રીઝીલીએન્સ શું છે? સ્ટીલના એક સળીયાનો વ્યાસ  $\frac{5}{8}$  ઇંચ અને લંબાઈ ૩૦ ઇંચ છે, અને તે ઉપર ૧૦ ટનનું ખેંચાણ આવે છે. જો મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી (સ્થાપક પ્રમાણ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૨૦૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે સળીયામાં એકદંડ થયેલું કામ કેટલું હશે?

૪૭. ૧ ફુટ લાંબા, ૧ ઇંચ પહોળા, અને ૧ ઇંચ ઉંડા એક લાકડાના બીમને તેના છેડાઓ આગળ ટેકવવામાં આવે છે ત્યારે તે મધ્યમાં લાદેલાં ૫૦૦ પૌંડનાં વજન વડે તૂટી જાય છે, તો ૧૨ ઇંચ ઉંડો, ૬ ઇંચ પહોળો, અને ૧૨ ફુટ લાંબો લાકડાંનો બીમ જેનો એક છેડો દીવાલમાં ચણી લીધેલો છે તે તેના બહારના છેડા ઉપર લાદેલું કેટલું વજન ખમી શકશે?

આ બીમ માટેનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) અને શીઅરિંગ ફોર્સ (ચીરી નાંખનારાં જોર)ની કોઈ પણ સ્કેલે આકૃતિ (ડાયગ્રામ) દોરો.

૪૮. પાઈન લાકડાંની એક પટી તેનાં ટેકણુ બિંદુઓ વચ્ચે લંબાઈમાં ૩૦ ઇંચ છે અને તે ઉપર મધ્યમાં ૨૬ પૌંડનું વજન લટકાવેલું છે. જો તે પટી ઉપર તેના એક છેડાથી ૧૦ અને ૨૦ ઇંચ દુર W પૌંડનાં વજનો લટકાવવામાં આવે, તો તેનાં મધ્યમાં પહેલાંનાં જેટલુંજ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ( વલનમાન ) ઉત્પન્ન કરવા માટે W વજનોની કિંમત શોધો.

૪૯. એક ઘડતર લોઢાંનો ટાઈ-બાર જેનો વ્યાસ  $\frac{3}{4}$  ઇંચ છે તેનું મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી (સ્થાપક પ્રમાણ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮૦૦૦૦૦૦ પૌંડ છે, અને તેની લંબાઈ ૨૩ ઇંચ છે, તો કેટલા પૌંડનાં વજનથી તે ટાઈ-બાર ૦.૦૧૫ ઇંચ જેટલો લંબાશે તે શોધો. વળી દર ચો. ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ ( વૈકારિક જોમ ) શોધો.

૫૦. સાધારણ લીફ્ટીંગ પમ્પનું તેના વાલ્વ સાથે આકૃતિ દોરી વર્ણુન કરો. બકેટનું ક્ષેત્રફળ ૧૮ ચોરસ ઇંચ છે, લીવરેજનું પ્રમાણ ૬ : ૧ છે, અને પાણી બહાર નીકળવાનો માર્ગ કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી ૧૦ ફુટ ઉંચે છે, તો એવા પમ્પને ચલાવવા માટે પમ્પના હાથાને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈશે ? એક ધનફુટ પાણીનું વજન ૬૨.૫ પૌંડ છે.

૫૧. એક સ્ટીમ હેમર (વરાળથી ચાલતા હથોડા)નાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૦ $\frac{1}{2}$  ઇંચ છે, અને સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨૪ ઇંચ છે. ચાલતા ભાગોનું વજન ૭ હંડ્રેડવેટ છે, અને હથોડાને નીચે જોરમાં લાવવા માટે કાર્ય કરતું વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦ પૌંડ છે, તો દર સ્ટ્રોક દીઠ હથોડો કેટલું કામ કરી શકશે તે શોધો.

૫૨. એક લાકડાંનો સમાન છેદચિત્રનો એક બીમ જે ૧૦ ફુટ લાંબો, ૧૫ ઇંચ ઊંડો, અને ૧૦ ઇંચ પહોળો છે તે પોતાનાં વજન ઉપરાંત મધ્યમાં મુકેલો ૫૦૦૦ પૌંડનો ભાર (લોડ) ખમી શકે છે, તો સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ( વલનમાન ) અને રેશાઓ ઉપર

આવતું સૌથી વધુ એસ ( વૈકારિક નેમ ) શોધો. ઓકતું વિશિષ્ટ ગુણત્વ = ૦૦૮૩૪ છે.

૫૩. ને સ્ટીલના ટુકડાનું મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસિટી (સ્થાયક પ્રમાણ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૨૦૦૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો  $\frac{3}{4}$  ઇંચ વ્યાસનો અને ૨૫ ઇંચ લાંબો સ્ટીલનો સળીયો ૧૦ ટનના ભાર (નોડ)થી કેટલો ખેંચાશે ? ને તેની ઇલેસ્ટીક લીમીટ (સ્વચ્છ સીમા) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૨૧ ટન હોય, તો તેનું રીઝીલીએન્સ કેટલું હશે ?

૫૪. એક ૪ ટનના હાર્મ ફૂલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં વજનને ઉપાડનારા રેમનો વ્યાસ ૨ ઇંચ છે, અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. જેકને એક લીવર-હેન્ડલ વડે ચલાવવામાં આવે છે, અને લીવરેજનું પ્રમાણ ૧૬ : ૧ છે. ને આ જેકનું કાર્યસાધકત્વ ૮૦ ટકા હોય, તો ૨૫ હંડ્રેડવેટનું વજન ઉપાડવા માટે લાથાને છેડે કેટલું દબાણ લાગુ પાડવું જોઈશે ?

## જવાબો

### એકસર્સાઈઝ ૧લી. પૃષ્ઠ ૨૩-૨૮.

૧. (અ) ૪૪ ડુટ; (બ) ૨૫૩ ડુટ; (ક) ૬૦૩ ડુટ.  
 ૨. દર સેકન્ડે ૩૮૪ ડુટ. ૩. ૧૩૦૧૨૫ સેકન્ડ. ૪. ૫૭૬ ડુટ.  
 ૫. ૧૨૯૬ ડુટ. ૬. ૩૦૧ સેકન્ડ. ૭. ૧૨૯૬ ડુટ. ૮. ૧૬૦૦ ડુટ.  
 ૯. ૧૧૨ ડુટ. ૧૦. ૪૦૬૯ સેકન્ડ. ૧૧. ૦૦૨૦૩ ડુટ દર સેકન્ડે  
 એક સેકન્ડમાં. ૧૨. ૫૨૮૭૩ પૌંડ-ડુટ-સેકન્ડ; ૧૭૬૨૪ પૌંડ; ૧૭૬ ડુટ.  
 ૧૩. ૧૦૫૬ પૌંડ. ૧૪. ૩૦૮૦ પૌંડ. ૧૫. ૦૦૦૮૪ ડુટ દર સેકન્ડે  
 એક સેકન્ડમાં. ૧૬. ૨૮૧૨૫ પૌંડ. ૧૭. ૪૮૦ ગોળીઓ.  
 ૧૮. ૩૮૦૪૭૮ પૌંડ દર ઓ. ઈ. દીઠ. ૧૯. ૩૩૬૫ પૌંડ.  
 ૨૦. ૯૩૭૫ પૌંડ. ૨૧. ૧૬૪૬૪૦ પૌંડ. ૨૨. દર કલાકે ૩૨૫૯ માઈલ.  
 ૨૩. ૬ સેકન્ડ. ૨૪. દર સેકન્ડે ૧૪ ડુટ. ૨૫. ૨૨૫ સેકન્ડ.  
 ૨૬. ૦૦૧૦૩૨ ડુટ દર સેકન્ડે દરેક સેકન્ડમાં; ૧૫૦૯૧૯ માઈલ દર કલાકે.  
 ૨૭. ૨૫૭૦૧૪ પૌંડ. ૨૮. ૮૯૩ ડુટ દર સેકન્ડે; ૧૯૫૩૧૨૫ પૌંડ.  
 ૨૯. ૪૧૦૦૬ પૌંડ. ૩૦. ૬૨૫ પૌંડ. ૩૧. ૭૫ પૌંડ.

### એકસર્સાઈઝ ૨જી. પૃષ્ઠ ૫૪-૬૧.

૧. ૨૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; ૫૦૦૬ ડુટ દર સેકન્ડે; ૨૦૦૦ ડુટ-પૌંડ.  
 ૨. ૧૧૭૦૧૯ ડુટ-પૌંડ. ૩. ૪૦૧૧૧૧૧ ડુટ-ટન. ૪. ૧૬૦૦ ડુટ-પૌંડ.  
 ૫. ૨ : ૧. ૬. ૧૦૮૬૪૦ પૌંડ. ૭. ૧૨૫૦૦ ડુટ-પૌંડ.  
 ૮. ૧૦૨૮૦૯ ડુટ-ટન. ૯. ૩૨૦૦ ડુટ-પૌંડ. ૧૦. ૧૫૬૮૦ ડુટ-પૌંડ.  
 ૧૧. ૨૩૦૦૯ ડુટ દર સેકન્ડે. ૧૨. ૧૦૮ ડુટ દર સેકન્ડે.  
 ૧૩. ૫૦૦ ડુટ. ૧૪. ૧૧૭૦૦૦૦ ડુટ-પૌંડ. ૧૫. ૧૧૨૦૦ ડુટ-પૌંડ;  
 ૧૭૦૮ ડુટ દર સેકન્ડે. ૧૬. ૩૮૪૩ પૌંડ દર ટન દીઠ; ૪૬૨૦૮ વાર;  
 ૨૯૪૭૦૬૫ વાર. ૧૭. ૫૬૦૦૦ ડુટ-પૌંડ; ૫૩૬૬ ડુટ દર સેકન્ડે.  
 ૧૮. ૧૧૭૦૧૮ પૌંડ. ૧૯. ૬૩૭ પૌંડ. ૨૦. ૩૩૭૫૦ પૌંડ.

૨૧. ૧૦૦૮૩.૩ કુટ. ૨૨. ૧૪૩૮૨૯.૭ કુટ-પૌંડ ૨૩. ૨૫૪૫૨૫ ટન.  
 ૨૪. ૧૬.૨૭ કુટ. ૨૫. (૧) ૪૦૮.૩૭ કુટ-ટન; (૨) બમણી;  
 (૩) ચારગણું; (૪) ચારગણું ૨૬. ૯.૪ હો. પા.  
 ૨૭. ૯૬૨૫૦ કુટ-પૌંડ; ૩૨૭૨૫૦ પૌંડ. ૨૮. ૭૯.૩ આંટા; ૦.૨૭.  
 ૨૯. ૦.૪૮ ઇંચ. ૩૦. ૧૬૮૯૬૫.૫ કુટ-પૌંડ. ૩૧. ૫૦૬૨૫ પૌંડ.  
 ૩૨. ૧૨૩.૫ કુટ. ૩૩. ૦.૭ ઇંચ વ્યાસ. ૩૪. ૧૫૧૨૦૦૦ પૌંડ.  
 ૩૫. ૬૨૨૨૮૫.૭ કુટ-પૌંડ; ૨૪૮.૯ આંટા. ૩૬. ૫૪૧૮૦૦ પૌંડ;  
 ૧૨૯૨૯.૩ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૩૭. ૧૦૮.૭૫ કુટ દર સેકન્ડે;  
 ૫૪૩૭.૫ વેગમાનના એકમ; ૯૨૪૦ કુટ-પૌંડ. ૩૮. દરેક બાબતમાં  
 કાષ્ઠનેટીક એનર્જી સરખી છે; ૨૭.૬ ટન. ૩૯. ૧૬.૩૬ માઈલ દર  
 કલાકે. ૪૦. ૭૨૧૨.૫ કુટ-પૌંડ; ૧.૭૪ કુટ; ૪૧૪૫.૧ પૌંડ.  
 ૪૧. ૫૬૨ પૌંડ. ૪૨. ૨૩૧.૨ વાર; ૪૨૭.૦૫ વાર.

### એકસર્સાઈઝ ૩૭. પૃષ્ઠ ૭૮-૮૧.

૧. ૧૨૯૬૪૨.૮ પૌંડ. ૨. ૧૬૧.૩ પૌંડ. ૩. દર સેકન્ડે ૩૨ કુટ.  
 ૪. ૩૮૧.૧૫ પૌંડ. ૫. ૧૧.૧ પૌંડ. ૬. ૬૫૮.૫ પૌંડ.  
 ૭. ૪૬૩.૦૧ પૌંડ. ૮. ૧.૭ ટન. ૯. ૧૭૭૭૯.૪ પૌંડ.  
 ૧૦. ૩૬.૭૩ પૌંડ. ૧૧. ૩૨૯૨.૫ પૌંડ. ૧૨. ૨૬૭૯.૪ પૌંડ.  
 ૧૩. ૧૨ પૌંડ. ૧૪. ૭૬૨ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; ૨૨૪.૫ આંટા  
 દર મીનીટે. ૧૫. ૨૫૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૧૬. ૧૫૨ આંટા  
 દર મીનીટે. ૧૭. દર કુટ પહોળાઈ દીઠ ૧૨.૧ ઇંચ ઉંચાઈ.  
 ૧૮. ૪૫૪.૩ કુટ દર સેકન્ડે. ૧૯. ૧૨૪૩.૪ પૌંડ. ૨૦. ૭૧૮૬.૬ પૌંડ;  
 ૨.૫ ઇંચ. ૨૧. ૮.૦૬૮ ઇંચનો ઢાળ દર કુટ પહોળાઈ દીઠ; લગભગ  
 ૩૪ ઓંસ; દર ટન દીઠ ૧૫૦૫.૮ પૌંડ.

### એકસર્સાઈઝ ૪થી. પૃષ્ઠ ૧૦૬-૧૦૮.

૧૪. ૦.૨૫ ઇંચ.



## એકસસાઈઝ પમી. પૃષ્ઠ ૧૪૨-૧૪૮.

૧. ૨.૭ ટન દર ચો. ઇ. દીઠ; ૧૨.૫ ટન. ૨. ૧.૭૮ ઇંચ.  
 ૩. ૮૬.૭ ટન. ૪. સ્લેસ = ૧૨.૨ ટન દર ચો. ઇ. દીઠ;  
 સ્લેન = ૦.૦૦૧૫૬;  $E = ૭૮૧૯.૬$  ટન દર ચો. ઇ. દીઠ.  
 ૫. ૧૪ ફુટ ૧૧.૬૪ ઇંચ. ૬. ૨૨.૨૮ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ.  
 ૭. ૨૪ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૮. ૦.૦૦૦૪૧૬;  $E = ૨૮૮૦૦૦૦૦$   
 પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૯. ૦.૬૧૮ ઇંચ. ૧૦. ૦.૦૫૫૬ ઇંચ.  
 ૧૧. ૨.૬૭ પૌંડ. ૧૨. ૧૦૦૬૯.૪ પૌંડ. ૧૩. સ્લેસ = ૫૬૫૬.૫૬  
 પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; સ્લેન = ૦.૦૦૦૦૨૮;  $E = ૧૯૭૯૭૯૭૯.૭૯$   
 પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૧૪. ૩૭.૭ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.  
 ૧૫. ૧.૬૪ ઇંચ. ૧૬. ૫૬.૮ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.  
 ૧૭. ૪૮ $\frac{૧}{૨}$  ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૧૮. ૧૫૨૪.૪ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ.  
 ૧૯. ૬.૧ ટન દર ચો. ઇ. દીઠ; ૦.૦૦૦૦૪૫૬; ૦.૦૪૬૫.  
 ૨૦. ૦.૪૭૬ ઇંચ. ૨૧. ૭૮૧૨૫ પૌંડ. ૨૨. ૯૮૨૧.૪ પૌંડ.  
 ૨૩. ૧.૨૬ ઇંચ ચોરસ. ૨૪. ૦.૦૨૧ ઇંચ. ૨૫. સ્લેસ = ૧૨૦૦૦ પૌંડ  
 દર ચો. ઇ. દીઠ; સ્લેન = ૦.૦૦૦૦૮૯;  $E = ૧૩૪૪૦૦૦૦$  પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ.  
 ૨૬. ૦.૦૦૦૦૪૧૭; ૧૩૨૦૦૦૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.  
 ૨૭. ૧૬૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; ૦.૦૦૮૫ ઇંચ. ૨૮. ૧.૩૪ ચો. ઇંચ.  
 ૨૯. ૬૭૩૭.૫ પૌંડ; ૧૧૨૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૩૦. ૧૧૯૪૬.૬ પૌંડ  
 દર ચો. ઇંચ દીઠ; ૦.૦૦૧; ૧૧૪૬૮૮૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.  
 ૩૧. ૪૮૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; ૦.૦૦૦૦૨; ૨૩૦૪૦૦૦૦  
 પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૩૨. ૦.૦૦૭૩ ઇંચ; ૧૨૪૦.૬ ઇંચ-પૌંડ.  
 ૩૩. ૬૬૩૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; ૦.૦૦૯૫ ઇંચ. ૩૪. (૧) ૬૫૧૬૩.૬  
 પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; (૨) ૧.૫ ઇંચ; (૩) ૦.૦૦૨૧૭; (૪) ૨૬.૦૭ ઇંચ-પૌંડ.  
 ૩૫. (૧) ૬૩૬૧૭.૪ પૌંડ; (૨) ૦.૦૨૧૬ ઇંચ. ૩૬. ૭૧૪.૩ ફુટ;  
 ૦.૩૮ ઇંચ. ૩૭.  $\frac{૧}{૨}$  ફુટ-પૌંડ. ૩૮. ૨૨૮૧૨.૫ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ;  
 ૦.૦૭૩ ઇંચ.

## એક્સર્સાઈઝ ૬૬. પૃષ્ઠ ૧૯૪-૨૦૩.

૧. ૩૩૬૦ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ; ૬૭૨૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.
૨. ૨૦.૬૨૫ ટન; ૧૦૫ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ. ૩. ૦.૯૪૮ ઇંચ; ૨.૭૫૮ ઇં.
૪. ૦.૯ ઇંચ; ૪.૬૬ ઇંચ. ૫. ૧.૫૩ ઇંચ; ૪૨ ૮ ટકા.
૬. ૪૫.૪ ટકા; ૩૫ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ. ૭. ૩૬ ઇંચ પીચ;
- $E_t = ૭૧.૭$  ટકા;  $E_s = ૭૧.૭$  ટકા; ૨૩.૬૧ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ.
૮. ૬૭.૫ ટકા. ૯. ૩.૮ ઇંચ; ૭૫.૩ ટકા. ૧૦. ૬૪.૪૫ ટકા.
૧૧. ૨.૭૩ ટન; ૩.૯૧ પૌંડ. ૧૨. વજનનું પ્રમાણ ૧ : ૪;
- જોરનું પ્રમાણ ૧ : ૮; ૧૦.૫૬ પૌંડ; ૪૨.૨૪ પૌંડ.
૧૩. ૩.૩૭૫ : ૧૫.૬૨૫ : ૨૭. ૧૪. ૮૦૦ ડ્રટ-પૌંડ; ૬૪૦૦ ડ્રટ-પૌંડ;
- ૫૧૨૦૦ ડ્રટ-પૌંડ. ૧૫. ૧૪૪૦૦ પૌંડ. ૧૬. ૧૬૨૦૦ ઇંચ-પૌંડ;
- ૮૪૮૫૭૧.૪૩ ડ્રટ-પૌંડ. ૧૭. ૨૨૭૮૧ પૌંડ-ઇંચ; ૫૪.૨૪ હો. પા.
૧૮. ૧૨૯૬૦ પૌંડ. ૧૯. ૧૮.૭૫ હો. પા.; ૩૧.૨૫ હો. પા.
૨૦. ૨૨૫ આંટા. ૨૧. ૧૪૪ હો. પા. ૨૨. ૧૩૬૬૮૭૫ પૌંડ-ઇંચ;
- ૩૮૦.૯ હો. પા.; ૧૦૮૪.૪ હો. પા. ૨૩. ૪૨.૮ હો. પા.; ૨૫૭.૨૫ હો. પા.
૨૪. ૨૩.૮ હો. પા. ૨૫. ૫૦.૭૯ હો. પા. ૨૬. ૩.૫ ઇંચ.
૨૭. જોરનું પ્રમાણ ૫૧૨ : ૪૩૩.૮૭; વજનનું પ્રમાણ ૧૦૦ : ૬૦.૯૩. ૨૮. ૨.૧૬ ઇંચ. ૨૯. ૨.૭૫ ઇંચ.
૩૦. ૬.૦૩ ઇંચ. ૩૧. ૨૪૧.૮૧ ઇંચ-ટન. ૩૨. ૧.૭ ઇંચ. ૩૩. ૧૨૮ હો. પા.
૩૪. ૧૨૦૩૦ પૌંડ; ૫૭૨.૮૫ હો. પા. ૩૫. ૧૨૬૦૦ ઇંચ-પૌંડ. ૩૬. ૪.૪ ઇંચ. ૩૭. ૧.૪૨ ઇંચ.
૩૮. ૧.૬ ઇંચ. ૩૯. ૮.૩૨ ઇંચ; ૧.૦૪ : ૧. ૪૦. ૮૪.૬૭૨ હો. પા. ૪૧. ૧ : ૧.૦૦૩; ૧.૮ : ૧. ૪૨. ૮૮૧૮.૩૪ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.
૪૩. નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ = ૧૭.૪ ઇંચ; પોક્કળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ = ૧૮.૭૬ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ = ૧૨.૫૦૬ ઇંચ.
૪૪. ૨૯૪૧ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૪૫. ૩.૪ ઇંચ. ૪૬. ૪૮૫૩.૩

હો. પા.; ૧૯૬૪-૬૫ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૪૭. ૬૦૦૨-૬ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૪૮. ૩૧૧૯૫૩ ઇંચ-પૌંડ; ૩૫-૭ હો. પા.; ૧૨૧-૨ આંટા. ૪૯. ૧૩૧૦૪ હો. પા. ૫૦. ૧૪-૩૯ ઇંચ. ૫૧. ૦-૭૧૪; ૫૦ ટકા. ૫૨. ૮-૫૨ ઇંચ; ૧ : ૧-૦૫૭. ૫૩. ૩૫૩૦૦ પૌંડ-કુટ. ૫૪. ૧-૮૯ ઇંચ. ૫૫. ૫૦૯૦ ટન-ઇંચ. ૫૬. ૪૩૨૦ ટન-ઇંચ; ૧ : ૧-૧૭૯. ૫૭. ૧૬૨૪૦ પૌંડ-ઇંચ. ૫૮. ૧૫૯-૭ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.

### એક્સર્સાઈઝ ૭મી. પ્રૃષ્ઠ ૨૫૦-૨૫૮.

૧. (૧) ૧૨૫ પૌંડ; (૨) ૨૫૦ પૌંડ; (૩) ૫૦૦ પૌંડ; (૪) ૧૦૦૦ પૌંડ; (૫) ૧૦૦૦ પૌંડ; (૬) ૧૫૦૦ પૌંડ. ૨. ૩૭-૫ કુટ-ટન; ૧૬-૮ કુટ-ટન. ૩. પહેલાં વજન આગળ B. M. ૧૮ કુટ-ટન; બીજાં આગળ ૯ કુટ-ટન; ત્રીજાં આગળ ૩ કુટ-ટન; ચોથાં આગળ ૦; સૌથી વધુ B. M. ૧૮ કુટ-ટન. ૪. મધ્ય આગળનું B. M. ૧૫ ટન-કુટ; દરેક ૧ ટનનાં વજન આગળનું B. M. ૧૦ ટન-કુટ. ૫. ૨ હં. આગળનું B. M. ૧૮૨૯-૩ કુટ-પૌંડ; ૬ હં. આગળનું B. M. ૭૯૧૪-૬ કુટ-પૌંડ; ૪ હં. આગળનું B. M. ૫૯૭૩-૩ કુટ-પૌંડ; ૧૦ હં. આગળનું B. M. ૬૧૯૭-૩ કુટ-પૌંડ. ૬. મધ્ય આગળનું B. M. ૩૦૦૦ પૌંડ-કુટ; દરેક છેડાથી ૩ કુટ આગળનું B. M. ૨૭૦૦ પૌંડ-કુટ. ૭. ૩ કુટ આગળનું B. M. ૫ ટન-કુટ; ૧૦ કુટ-આગળનું B. M. ૮-૯ ટન-કુટ; ૧૫ કુટ આગળનું B. M. ૫ ટન-કુટ; સૌથી વધુ B. M. મધ્ય આગળ ૯ ટન-કુટ. ૮. ૧૫ ટન-કુટ. ૯. મધ્ય આગળનું B. M. ૫ ટન-કુટ; છેડા આગળનું B. M. ૧૦ ટન-કુટ; સૌથી વધુ B. M. છેડા આગળ ૧૦ ટન-કુટ. ૧૦. ૧-૫ : ૧. ૧૧. બીજો બીજા વધુ વજન ખમી શકશે; ૬ કુટ ટન. ૧૨. ૧૦ ઇંચ. ૧૩. ૪-૨૬ ઇંચ. ૧૪. ૧૦-૬ ઇંચ. ૧૫. ૨૧-૨ ઇંચ. ૧૬. ૧૪-૧૧ ઇંચ. ૧૭. ૩૭-૫ કુટ. ૧૮. ૧૦૯૩૭-૫ પૌંડ.

૧૯. ૬૦૩ ઇંચ. ૨૦. ૧૮૦૫ કુટ. ૨૧. ૧૬૫૯૨.૫ પૌંડ. ૨૨. ૫૦૪ ટન.  
 ૨૩. ૩૦૧ ટન. ૨૪. ૬ ઇંચ; ૮.૪ ઇંચ. ૨૫. ૫૦૦ પૌંડ.  
 ૨૬. ૪૦૩૯ ટન દર ચો. ઇ. દીઠ. ૨૭. ૪૦૫૯ ટન દર ચો. ઇ. દીઠ.  
 ૨૮. ૨૦૨ ઇંચ. ૨૯. ૭૧૪૫.૮૩ પૌંડ. ૩૦. ૫.૬ ઇંચ. ૩૧. ૧૦૦૨૪ ઇંચ.  
 ૩૨. ૧૩૪ ટકા. ૩૩. ૩૦૩ ટન. ૩૪. ૨.૮૭૫ ટન. ૩૫. ૨.૧૬૧ ટન.  
 ૩૬. ૭૦૩૭૫ ટન; ૨.૧૨૫ ટન; ૪૦૦૬૨૫ ટન-કુટ; ૨૦૭૦૮ ચો. ઇ.  
 ૩૭. ૨૧૮૭.૫ પૌંડ. ૩૮. ૪.૯ ઇંચ; ૧૦૦૪૨૫૮ ટન. ૩૯. ૨૮૦ પૌંડ.  
 ૪૦. ૬૬૨ કુટ.

### એકસસાઈઝિ ટમી. પૃષ્ઠ ૨૯૨-૨૯૯.

૧. ૭૪૯ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૨. ૧૭૦૩૨ પૌંડ દર ચો.  
 ઇ. દીઠ. ૩. ૩૦૦૬.૬૦૯ પૌંડ. ૪. ૯.૪૫ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ;  
 ૦.૫૧ પૌંડ. ૫. ૫૧.૯૬ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; ૩૪૬.૪૨ કુટ.  
 ૬. ૮૪૧૮.૫ પૌંડ; ૬૭૩૪.૮ પૌંડ. ૭. ૧૫૦૦૦ પૌંડ; ૫૦૦૦ પૌંડ;  
 ૩૦૦૦ પૌંડ. ૮. ૧૫૩૬૦ પૌંડ; ૫૧૨૦ પૌંડ; ૩૦૭૨ પૌંડ.  
 ૯. ૧૭૬૭૧.૫ પૌંડ. ૧૦. ૪ ટન; ૨ ટન. ૧૧. ૧૨૦૦૦ પૌંડ.  
 ૧૨. ૨૫૦૦૦ પૌંડ; ૧૬૦૦૦ પૌંડ; ૧૦૦૦૦ પૌંડ; ૧૭૫૦૦ પૌંડ;  
 ૧૦૦૦૦ પૌંડ; ૬૨૫૦ પૌંડ. ૧૩. ૭૪૫.૫ પૌંડ. ૧૪. ૧૮૦૦૦ પૌંડ;  
 દરેક ઢળતી આજી ઉપર ૧૬૮૭૫ પૌંડ; છેડાની દરેક ઉભી આજી ઉપર  
 ૭૮૭૫ પૌંડ. ૧૫. ૫૦૦ પૌંડ; ૨૫૦ પૌંડ. ૧૬. ૩૦૯૬૮ કુટ;  
 ૬૨૦૦ પૌંડ; ૨૪૬૦.૧૬ પૌંડ. ૧૭. ૧૩૫૦૦ પૌંડ; દરેક આજી  
 ઉપર ૬૭૫૦ પૌંડ. ૧૮. ૧૧૫.૪૭ કુટ. ૧૯. મથાળાં ઉપર ૨૪૦૦૦  
 પૌંડ; તળીયાં ઉપર ૪૨૦૦૦ પૌંડ; લંઆઈની દરેક આજી ઉપર ૩૩૦૦૦  
 પૌંડ; પહોળાઈની દરેક આજી ઉપર ૧૬૫૦૦ પૌંડ. ૨૦. તળીયાં ઉપર  
 ૫૬૨૫ પૌંડ; સીધી ધારોવાળી મોટી આજી ઉપર ૪૫૦૦ પૌંડ; સીધી  
 ધારોવાળી નાની આજી ઉપર ૧૧૨૫ પૌંડ; નીચકી ત્રાંસી ધારવાળી  
 દરેક આજી ઉપર ૨૬૨૫ પૌંડ. ૨૧. ૬૨૮૩૦૨ પૌંડ; ૨૫૧૩૨.૮ પૌંડ.

૨૨. ૩૫૩૪૩ પૌંડ. ૨૩. ૪૫૦૦ પૌંડ. ૨૪. ૮૪૦૦૦૦ પૌંડ.  
 ૨૫. ૪૮૦૦ પૌંડ. ૨૬. ૬૦-૧૮ પૌંડ. ૨૭. ૬૬૨૬-૮૧૨૫ પૌંડ.  
 ૨૮. ૮૬૪૦૦ પૌંડ; ૨૪૫૭૬ પૌંડ દ્યાણુ ઓછું થશે. ૨૯. વર્તુલનાં  
 મધ્યબિંદુ આગળ; પાણીની સપાટીથી ૬ ફુટ નીચે. ૩૦. તેલનું  
 વજન ૬૭૫૯-૩૪૮ પૌંડ; વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું દ્યાણુ ૧૧૨૬૫-૫૮  
 પૌંડ; વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું દ્યાણુ ૨૨૫૩૧-૧૬ પૌંડ; તળીયાં  
 ઉપરનું દ્યાણુ ૨૦૨૭૮-૦૪૬ પૌંડ. ૩૧. ૮૧૦૦૦૦ પૌંડ; ૩૨૪૦૦૦૦  
 ફુટ-પૌંડ. ૩૨. ૪૨-૮૫૭ ફુટ. ૩૩. ૨ ઇંચ; લંબાઈની દરેક બાજુ  
 ઉપર દ્યાણુ ૫૦૦૫-૨ પૌંડ; પહોળાઈની દરેક બાજુ ઉપર દ્યાણુ  
 ૩૩૩૬-૮ પૌંડ. ૩૪. ૧૧૪૮-૪૩૭૫ પૌંડ. ૩૫. ૭૮૧૨૫ પૌંડ;  
 પુસ્તાની ઉપરી ધારથી ૩૩-૩ ફુટ નીચે. ૩૬. ૨૫-૬૧૨ પૌંડ.  
 ૩૭. ૯૩૬૯-૫ પૌંડ; ૪-૦૭ ફુટ. ૩૮. ૯૦ પૌંડ. ૩૯. ૧૨૦૦ પૌંડ;  
 ૪૦૦ પૌંડ; ૩૦૦ પૌંડ. ૪૦. ૧૫૦૦૦ પૌંડ; ૧૫૯૧૦ પૌંડ; ૯૦૦૦  
 પૌંડ. ૪૧. ૫૩૫-૭૧૪ ટન; ૩૦-૮૫૭ ટન; ૫૦૪-૮૫૭ ટન.  
 ૪૨. ૧૬૫૦૦ પૌંડ. ૪૩. ૪૩૪-૩૬ ટન. ૪૪. ૧૨૦૫-૩૪ ટન;  
 ૮-૭૮૯ ફુટ. ૪૫. ૭-૧.

### એકસર્સાઈઝ લમી. પ્રશ્ન ૩૩૩-૩૩૫.

૧. ૩૨-૮૧૭ ફુટ; ૩૨-૦૦૪ ફુટ. ૨. ૧ ઇંચ; ૦-૦૩૬ પૌંડ  
 દર ચો. ઇ. દીઠ. ૩. ૦-૧૪૭ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૪. ૨૪૯-૯૫  
 પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૫. ૭૪-૬૫ ટકા; ૪૩-૩ પૌંડ દર ચો. ઇ.  
 દીઠ વાતાવરણ ઉપરાંત. ૬. ૪૫ પૌંડ. ૭. (અ) (૧) ૧૭-૪૫ પૌંડ;  
 (૨) ૨૪-૯૩ પૌંડ; (બ) (૧) ૩૪-૯ પૌંડ; (૨) ૪૯-૮૬ પૌંડ; (ક) ૩૭-૩૯  
 ફુટ-પૌંડ; ૨૬-૧૭ ફુટ-પૌંડ. ૮. ૨૬-૦૪ પૌંડ. ૯. ૧૨-૪ હો. પા.;  
 ૧૬-૫૩ હો. પા. ૧૦. (૧) ૧૩૦-૨૮ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ;  
 (૨) ૭૩૬-૩૧ પૌંડ; (૩) ૯-૫૬ હો. પા. ૧૧. ૨૫૯૭ હો. પા.  
 ૧૨. ૨૨-૦૯ ઇ. ફુટ; ૩-૩૪ હો. પા.

## એકસસાઈઝ ૧૦મી. પ્રૃષ્ઠ ૩૭૮-૩૮૬.

૧. ૩૦૦૦ પૌંડ; ૨૫ ફુટ; ૩૦૦૦ ફુટ-પૌંડ. ૨. ૬૨.૨ પૌંડ;  
 ૧૧ ઇંચ. ૩. ૩૩૯૨.૯૨૮ પૌંડ. ૪. ૧૦૦૬૯ ઇંચ. ૫. ૭૨૦ પૌંડ  
 દર ચો. ઇ. દીઠ. ૬. ૨૫૬૦ પૌંડ. ૭. ૧૬૦ પૌંડ. ૮. ૧૯.૪ પૌંડ;  
 ૧૨ ફુટ. ૯. ૩.૫૯ ઇ. ફુટ. ૧૦. ૨૦ ઇંચ. ૧૧. ૧ : ૧૨.  
 ૧૨. ૧૩૦૦.૯ હો. પા.; ૧ આ. ૮.૬૨૫ પાઇ. ૧૩.  $d : D :: ૧ : ૪.૩૨$ .  
 ૧૪. ૧૩.૩ ટન. ૧૫.  $L : l :: ૨૨.૪ : ૧$ . ૧૬. ૩૪૧-૩ : ૧;  
 ૨૮૦; ૮૨ ટકા. ૧૭. ૧૫૮૯૦૦ પૌંડ. ૧૮. ૩૯.૬૧ પૌંડ.  
 ૧૯. ૫૨.૨૪. ૨૦. ૫૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; ૧૧૫૨ ફુટ.  
 ૨૧. ૧૨.૮૯ ઇંચ. ૨૨. ૨૦૧૬૦૦ ફુટ-પૌંડ; ૧૦૭૫૦૦ ફુટ-પૌંડ.  
 ૨૩. ૧૩ ટન. ૨૪. ૭૧૬૮ પૌંડ. ૨૫. ૬૫૯૭૩૬ ફુટ-પૌંડ;  
 ૪.૯૯૮ મીનીટ. ૨૬. ૩૧.૧ પૌંડ. ૨૭. ૯૨૭ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ;  
 ૪૩૬૮૦૦૦ ફુટ-પૌંડ. ૨૮. ૩.૨ હો. પા. ; ૬૭ ટકા. ૨૯. ૨૦૫.૭  
 ટન. ૩૦. ૩.૧૧૪ ઇંચ. ૩૧. ૬.૬૨૯ ફુટ. ૩૨. ૧૮.૮૫ ટન;  
 ૧૯.૮ ટન. ૩૩. ૬.૪ ચો. ઇંચ; ૧૯.૬૪૩ ઘનફુટ. ૩૪. ૧૨.૩૨  
 હો. પા. ૩૫. ૧૪.૭૬ ઇંચ. ૩૬. (૧) ૧૧૩૯ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ;  
 (૨) ૧૦૪૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૩૭. ૪૦.૨૪ ટન; ૬૬.૨૨  
 હો. પા. ૩૮. ૧૯.૮૪ પૌંડ; ૧૦૧.૦૧ ટન. ૩૯. ૩૨.૯ ઇંચ.  
 ૪૦. ૫૩.૪ ટકા. ૪૧. ૩૯૬૯.૭૨૫ પૌંડ; ૯.૬૬ ગેલન. ૪૨. ૬.૦૬  
 ઘનફુટ; ૧૩ ઇંચ.

**મીકેનીકલ એન્જનીયરીંગનાં ત્રીજાં વર્ષની વાર્ષિક પરિક્ષામાં  
 પુછાયલા અને બીજા પરચુરણ દાખલાઓ. પ્ર. ૩૮૭-૩૯૮.**

૧. ૫૪૭૫ ફુટ-પૌંડ; ૩૨૮૫૦ પૌંડ. ૨. ૧૪૧૭૫૦ ફુટ-પૌંડ;  
 દર સેકન્ડે ૧૦.૨ ફુટ. ૩. ૮૮ ટકા ૪. ૧૫૦૦ પૌંડ. ૫. ૨૭૬૫.૦  
 આંટા. ૬. ૭૮૩.૯૯ હો. પા. ૭. ૧૪૨૦.૯ પૌંડ; ૧૬૩૯.૧ પૌંડ;  
 ૧૨૭૮૮.૧ ફુટ-પૌંડ. ૮. ૪૫૩૬૦ પૌંડ. ૧૦. ૪૮૧૮.૪ પૌંડ; ૧.૭

ઇચ. ૧૨. પહેલાં વજન આગળનું B. M. = ૩૩૦૦૦ કુટ-પૌંડ;  
 બીજાં વજન આગળનું B. M. = ૧૮૦૦૦ કુટ-પૌંડ; ત્રીજાં આગળનું  
 B. M. = ૯૦૦૦ કુટ-પૌંડ; ચોથાં આગળનું B. M. = ૩૦૦૦ કુ-પૌંડ;  
 પાંચમાં આગળનું B. M. = ૦ કુટ-પૌંડ; સૌથી વધુ B. M. = ૪૫૦૦૦  
 કુટ-પૌંડ. ૧૩. ૩૫૦૧૦૮ કુટ. ૧૫. ૩૧૨૫૦ પૌંડ-ઇચ; ૩૨.૬ હો. પા.  
 ૧૬. ૨૪૦૦૦૮ પૌંડ; ૫૭૬૦૦૮ પૌંડ; ૯૬૦૦૮ પૌંડ. ૧૭. ૧૦૯૦૦૯ પૌંડ.  
 ૧૮. ૮૦૭૦૦૬ પૌંડ; ૧૮૨૬૦૦૮ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૧૯. ૪૦૨ ઇચ.  
 ૨૨. પહેલાં વજન આગળ B. M. = ૯ કુટ-ટન; બીજાં આગળ  
 B. M. = ૪.૫ કુટ-ટન; ત્રીજાં આગળ B. M. = ૧.૫ કુટ-ટન;  
 ચોથાં આગળ B. M. = ૦ કુટ-ટન; સૌથી વધુ B. M. = ૧૫  
 કુટ-ટન. ૨૩. ૧૦.૧૫ હો. પા.; ૧.૩ ઇચ. ૨૪. ૨૬૫૩૩.૩ પૌંડ.  
 ૨૭. ૫૩૧૦૧૭.૧ કુટ-પૌંડ; ૨૮૧.૬ કુટ-પૌંડ; ૧૮૮૫૭ આંટા.  
 ૨૮. બીજો બીમ; ૫.૬૨ ટન. ૨૯. ૨૫૬૦૮.૪ પૌંડ. ૩૦. સ્પ્રિંગ =  
 ૦.૦૦૦૧૬; સ્પ્રિંગ = ૨૧.૬૬ ટન દર ચો. ઇ. દીઠ; ભાર = ૧૦૬.૩૯ ટન.  
 ૩૧. ૬.૧૯ કુટ; તળીયાં ઉપર ૯૦૦૦ પૌંડ; બાજુ ઉપર ૮૩૫૪.૮  
 પૌંડ; છેડા ઉપર ૩૯૭૮.૪૭ પૌંડ. ૩૨. ૫૪૯૭૮ પૌંડ; ૪૩૯૮૨૪  
 કુટ-પૌંડ; ૨૭૨.૮ પૌંડ. ૩૩. ૩૯૦૬.૨૫ પૌંડ. ૩૪. ૧૭૩.૫ કુટ.  
 ૩૫. ૫૫.૨ : ૧૨.૦૯ અથવા ૪.૫૬ : ૧. ૩૬. ૨૬૭૯.૪ પૌંડ.  
 ૩૭. ૧૪૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; ૩૨૩.૧૨ કુટ. ૩૮. ૦.૭૪૬  
 ચો. ઇચ. ૩૯. ૧ : ૧.૪૨; ૨૭.૭ ટન. ૪૧. ૧.૧૨૨ ઇચ.  
 ૪૨. ૩૫૪.૫૨ આંટા. ૪૪. ૩૫.૩૪ ટન; ૨૮૨.૭૨ કુટ-ટન.  
 ૪૫. ૧૧૨૧૭.૭ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; ૧૧૦૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ.  
 ૪૬. ૩૯૧.૨૧ ઇચ-પૌંડ. ૪૭. ૧૮૦૦૦ પૌંડ. ૪૮. ૧૯.૫ પૌંડ.  
 ૪૯. ૮૦૩૪.૮ પૌંડ; ૧૮૨૬૦.૮૭ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૫૦. ૨૦.૮૩  
 પૌંડ. ૫૧. ૮૪૯૮ કુટ-પૌંડ. ૫૨. ૧૫૯૧૨૦ ઇચ-પૌંડ; ૪૨૪.૩૬  
 પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૫૩. ૦.૦૩૯ ઇચ; ૩૮૧.૮૩ ઇચ-પૌંડ.  
 ૫૪. ૫૪.૬ પૌંડ.

## અનુક્રમણિકા

અ	એર વેસલ ... .. ૩૧૭
અસમ વેગ ... .. ૨	એલેડ હેમ્સ ક્લોગ ... ૧૦૫
અભય ગુણક ... ૧૨૨, ૧૨૩	ક
અભેદતા ... .. ૧૦૯	કડકાર્થ ... .. ૧૧૧
અભેદતાનો નિયમ ... ૨૮૧	કર્ણભૂમિતા ... .. ૧૧૨
આર્કિમીડીસનો નિયમ ... ૨૮૪	કપ-લેધર પેકીંગ ... ૩૪૫
ઈનર્શિયા ... .. ૭	કાર્ય... .. ૧૧
ઇલેસ્ટીસિટી ... ૧૧૨, ૧૨૫	કાર્યસાધકત્વ, રીવેટ કરેલા
ઇલેસ્ટીક લીમીટ ... ૧૨૫	સાંધાઓનું ... .. ૧૬૧
ઇલેસ્ટીસિટી, મોડ્યુલસ ઓફ ૧૨૬	કામ, એકદંત્ર થયેલું ... ૩૦
ઉન્નમ્યપ્રેરક બળ ...	કામ, ફરતા પદાર્થમાં એકદંત્ર
૬૨, ૬૫, ૬૮, ૭૧	થતું ... .. ૪૦
એક્સેલરેશન ... .. ૨, ૫	કામ, ફલાઈ બ્હીલમાં એકદંત્ર
એક્સેલરેશન, પોઝીટીવ ... ૨	થતું ... .. ૪૧
એક્સેલરેશન, નેગેટીવ ... ૨	કામ, સળીયાને ખેંચવામાં
એક્સેલરેશનનો એકમ ... ૩	તથા દબાવવામાં થતું ... ૧૩૪
એનર્જી ... .. ૨૯	કેમ્સ ... .. ૮૨
એનર્જી, પોતેન્શીઅલ ... ૨૯	કેમ, ફેસ ... ૮૨, ૮૬
એનર્જી, કાઇનેટીક ... ૩૦	કેમ, એન્જ ... ૮૨, ૮૬, ૯૫
એકદંત્ર થતું કામ, ફરતા	કેમ, નળાકાર ... ૮૨, ૯૬
પદાર્થમાં ... .. ૪૦	કેમ, હાર્ટ ... .. ૮૪
એકદંત્ર થતું કામ, ફલાઈ	કેમ, ખંડિત ગતિ માટેનો... ૮૯
બ્હીલમાં ... .. ૪૧	કેમ, વળતી ઝડપી ચાલ
એપ્રીશીઅન્સી, રીવેટડ	મેળવવા માટેનો ... ૯૨
એપ્રેન્ટસની... .. ૧૬૧	



કેમ, નીચલી દિશાની વળતી

ચાલની ગતિ તાત્કાલિક

મેળવવા માટેનો ... ૯૫

કોટી જ્યાં ... ૭૪

કોસાઈન ... ૭૪

ખ

ખેંચ ... ૧૧૭

ગ

ગતિના નિયમો, ન્યુટનના... ૬

ગતિનો પહેલો નિયમ ... ૬, ૭

ગતિનો બીજો નિયમ ... ૭

ગતિનો ત્રીજો નિયમ ... ૭, ૧૧

ગુરુત્વ ... ૨૮૯

ચ

ચિક્રાધ ... ૧૧૧

જ

જડત્વ ... ૭

જેરનો કેવળ એકમ ... ૮

જેરનો ગુરુત્વાકર્ષણનો એકમ ૯

જેરનો એન્જનીયરનો એકમ ૯

ટ

ટીપી શકાય એવો ગુણ... ૧૧૧

ટેન્જન્ટ ... ૭૪

ડ

ડીફ્લેક્શન ઓફ બીન્સ... ૨૭૪

ત

ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ ... ૧૭૬

તરતા પદાર્થો ઉપરનાં જોરો ૨૮૨

તારક શક્તિ ... ૨૮૩

ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓ ... ૭૪

ત્રિગોનોમેટ્રીકલ ફંક્શન્સ ... ૭૪

તોર્શનલ મોમેન્ટ ... ૧૭૬

તોર્ક... ... ૧૭૬

દ

દ્રવ્ય... ... ૬

દ્રવતપમાન ... ૧૧૩

દ્રવ પદાર્થ ... ૨૫૯

દાખ... ... ૧૧૭

પ

પરિરેખા ... ૪૨

પરિવર્તનની ત્રિજ્યા ... ૪૨

પમ્પ્સ ... ૩૦૭

પમ્પ, રેસીપ્રોકટીંગ એટલે

આમ તેમ ચાલતા ... ૩૦૯

પમ્પ, રોટેરી... ૩૦૯, ૩૨૦

પમ્પ, સોંગલ-એક્ટીંગ ... ૩૦૯

પમ્પ, ડબલ-એક્ટીંગ ... ૩૦૯

પમ્પ, સક્શન અથવા લીફ્ટ ૩૦૯

પમ્પ, ફોર્સ ... ૩૧૪

પમ્પ, સોંગલ-એક્ટીંગ ફોર્સ ૩૧૪

પમ્પ, બેકટ પ્લન્જર ... ૩૧૮

પમ્પ, ડબલ-એક્ટીંગ ફોર્સ	૩૧૯
પમ્પ, સેન્ટ્રીફ્યુગલ	... ૩૨૦
પમ્પ, ટર્બાઈન	... ૩૨૫
પમ્પ, સીંગલ-સ્ટેજ ટર્બાઈન	૩૨૬
પમ્પ, મલ્ટીપલ-સ્ટેજ ટર્બાઈન	... ૩૨૬
પ્રવેગ	... ૨, ૫
પ્રતિકાર્ય	... ૧૧
પ્રસાર	... ૧૦૯
પ્રવાહી	... ૨૫૯
પાસ્કલનો નિયમ	... ૨૬૧
પીગળી જવાનો ગુણ	... ૧૧૨
પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન	૧૧૩
પ્રેરણ મધ્યબિંદુ	... ૨૭૮
પ્રોગ્રેડેડ એરીઆ	... ૧૫૭

કે

કલાઈ બીલમાં એક્ટી થતી શક્તિ	... ૪૧
કલાઈ પ્રેસ	... ૪૯
કલુઈડસ	... ૨૫૯
ક્રીનીશર	... ૩૬૧
ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી	૧૨૨, ૧૨૩

બ

બટ બેઈન્ટસ...	... ૧૬૦
બ્રામાહ U-લેધર પેકીંગ	૩૪૩
બીમ્સ	... ૨૦૪

બીમનું બળ ...	... ૨૨૩
બીમનાં છેદચિત્રના ગુણક	૨૨૪, ૨૨૬
બીમ્સ, સ્ટીલ રોલ્ડ	... ૨૨૫
બીમ્સ, એક્સરખાં છેદચિત્રવાળા	... ૨૩૨
બીમ, બીડના...	... ૨૩૨
બીમનો ઝોક	... ૨૩૪
બીમનાં સંબંધી બેરો અને ઝોક	... ૨૩૫
બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, બીમ ઉપરનાં	... ૨૦૪
બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, કેન્ટ્રીલીવર ઉપરનાં	... ૨૦૭, ૨૦૮
બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, બન્ને છેડે ટકવેલા બીમ ઉપરનાં	૨૦૯, ૨૧૧
બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, બન્ને છેડે સબજડ કરેલા બીમ ઉપરનાં	... ૨૧૪, ૨૧૫
બેરોમીટર	... ૩૦૧
બોયેન્સી	... ૨૮૩
<b>ભ</b>	
ભાજ્યતા	... ૧૧૦
ભાર	... ૧૧૪
ભાર, અચેતન	... ૧૧૪
ભાર, ચેતન	... ૧૧૪
ભાર, નિર્ભય	... ૧૨૨

લુજ જ્યા ... .. ૭૪	લોડ... .. ૧૧૪
લંજન જોમ ... .. ૧૧૮	લોડ, ડેડ ... .. ૧૧૪
લંગ બળ ... ૧૨૧, ૧૨૪	લોડ, લાઈવ ... .. ૧૧૪
<b>મ</b>	લોડ, સેફ વર્કીંગ ... ૧૨૨
મધ્યપ્રેરક બળ... .. ૬૨	<b>વ</b>
મરડ ... .. ૧૧૮	વળતી ઝડપી ચાલ, પ્લેનીંગ
માસ ... .. ૬	મશીનમાં ... .. ૧૦૦
મેનોમીટર ... .. ૩૦૨	વળતી ઝડપી ચાલ, શેપીંગ
મેમેન્ટમ ... .. ૬	મશીનમાં ... .. ૧૦૦
મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી ૧૨૬	વલન ... .. ૧૩૭
મોડ્યુલસ ઓફ ડાયરેક્ટ	વાંક, આગગાડી અને મોટર
ઇલેસ્ટીસીટી... .. ૧૨૭	કારની સડક ઉપરના . . ૭૩
મોડ્યુલસ, ખીમનાં	વાતાવરણનું દબાણ ... ૩૦૦
ઉદ્દયિતના ... ૨૨૪, ૨૨૬	વાતમાપક ... .. ૩૦૧
<b>ય</b>	વિલયિત્વ ... .. ૧૧૨
યંગ્સ મોડ્યુલસ... ૧૨૭, ૧૨૮	વિકાર ... .. ૧૧૪
યુનીવર્સલ કમ્પ્રીંગ ... ૧૦૩	વિશિષ્ટ ગુરુત્વ... .. ૨૮૯
<b>ર</b>	વેગ... .. ૧
રીટર્ડેશન ... .. ૨	વેગ, સમ ... .. ૧
રીઝીલીએન્સ ... .. ૧૩૪	વેગ, અસમ ... .. ૨
રીવેટ કરેલા સાંધાઓ ... ૧૫૨	વેગોસીટી ... .. ૧
રીડીઅસ ઓફ ગ્રાધરેશન ૪૨	વેગ વૃદ્ધિ ... .. ૨, ૫
રેચેટ વહીલ અને પૉલ ... ૯૬	વેગમાન ... .. ૬
રેચેટ, ઉલટાવી શકાય એવા ૯૯	વૈકારિક જોમ ... .. ૧૧૬
<b>લ</b>	વોટર ગેજ ... .. ૩૦૨
લીમીટ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી ૧૨૫	
લેપ જોઈન્ટસ... .. ૧૫૭	

શ	સ્થાપકતા ...	૧૧૨, ૧૨૫
શક્તિ ... .. ૨૯	સ્નેન... .. ૧૧૪	
શક્તિ, બદ્ધ ... .. ૨૯	સ્નેન, ટેન્સાઇલ... .. ૧૧૪	
શક્તિ, વેગીય... .. ૩૦	સ્નેન, કોમ્પ્રેસીવ ... ૧૧૬	
શાફ્ટનું બળ, નક્કર ગોળ... ૧૭૨	સ્નેસ ... .. ૧૧૬	
શાફ્ટનાં બળોની સરખામણી, પોક્ષળ અને નક્કર ૧૭૫, ૧૮૭	સ્નેસ, ટેન્સાઇલ... .. ૧૧૭	
શાફ્ટના વ્યાસ નક્કી કર- વાની રીત ... .. ૧૮૧	સ્નેસ, કોમ્પ્રેસીવ ... ૧૧૭	
શાફ્ટ, હેડ ... .. ૧૮૨	સ્નેસ, બેન્ડીંગ અથવા ટ્રેન્સવર્સ ૧૧૭	
શાફ્ટ, લાઇન... .. ૧૮૨	સ્નેસ, બીઅરીંગ ૧૧૮, ૧૫૮	
શાફ્ટ, જાન્ટરમીશન ... ૧૮૨	સ્નેસ, ક્ષીંગ ... .. ૧૫૮	
શિર દમ ... .. ૨૬૧	સ્નેસ, તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્ટીંગ ... .. ૧૧૮	
શીઅરીંગ સ્નેસ, ક્ષીંગના બોલ ઉપરનું ... ૧૮૧	સ્નેસ, અલ્ટીમેટ અથવા એક્ટીંગ ... ૧૨૧, ૧૨૪	
શીઅરીંગ ફોર્સ... .. ૨૦૪	સ્નેસ, સેફ વર્કીંગ ૧૨૩, ૧૨૪	
શીઅરીંગ ફોર્સ, કેન્ટીલીવર ઉપરનાં ... ૨૦૭, ૨૦૮	સ્નેસીસ, નળાકાર વાસણની બહારની પ્લેટ ઉપરનાં ... ૧૪૯	
શીઅરીંગ ફોર્સ, બન્ને છેડે ટેકવેલા બીમ ઉપરનાં ૨૦૯, ૨૧૧	સ્વાગ્રહ સીમા ... .. ૧૨૫	
શીઅરીંગ ફોર્સ, બન્ને છેડે સળંગડ કરેલા બીમ ઉપરનાં ... ૨૧૪, ૨૧૫	સ્થાપક પ્રમાણ... .. ૧૨૬	
સ	સ્પેસીયીક ગ્રેવીટી ... ૨૮૯	
સમ વેગ ... .. ૧	સાઇન ... .. ૭૪	
સ્પર્શ જ્યા ... .. ૭૪	સાંકળ ઉપરનાં જોર ... ૧૬૯	
સહિષ્ણતા ... .. ૧૧૦	સાંકળનું વજન ... .. ૧૭૧	
	સાઇકેશન ... .. ૩૦૫	
	સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ ફર, ૬૫, ૬૮, ૭૧	
	સેન્ટ્રીપેટલ ફોર્સ ... ૬૨	
	સેન્ટર ઓફ પ્રેશ્યોર ... ૨૭૮	

સંઘકૃત ... .. ૧૧૦	હાઈડ્રોલીક જેક ... ૩૬૩
સંકોચ્યતા ... .. ૧૧૦	હાઈડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર ૩૬૬
હુ	હાઈડ્રોલીક એન્જીન ... ૩૭૬
હાઈડ્રોલીક્સ ... ૨૫૯, ૩૦૦	હાફ પ્રેસ ... .. ૩૫૬
હાઈડ્રોલીક મશીન્સ ... ૩૩૬	હુક્સ જોઈન્ટ... .. ૧૦૩
હાઈડ્રોલીક પ્રેસ ... ૩૩૬	હુક્સ જોઈન્ટ, ડબલ ... ૧૦૪
હાઈડ્રોલીક રેમ અને પીસ્ટન	હુકનો નિયમ ... .. ૧૨૫
માટેની ચામડાંની પેકીંગ ૩૪૩	હેડ ... .. ૨૬૧
હાઈડ્રોલીક પ્રેસ, રૂની ગાંસડી	હેટ-લેધર પેકીંગ ... ૩૪૫
બાંધવા માટેના ... ૩૫૫	હોર્સપાવર, શાફ્ટવટે સંચારણ
હાઈડ્રોલીક પમ્પ્સ ... ૩૬૨	કરવામાં આવતા ૧૭૯, ૧૯૩

